

ALARAAJOJEN NOPEUSVOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUS IKÄÄNTYVIEN VOIMANTUOT- TOON, TASAPAINOON JA REAKTIONOPEU- TEEN

Laura Mäkinen ja Paula Wilmi

Opinnäytetyö

Lokakuu 2009

Fysioterapia
Hyvinvointiyksikkö



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tekijä(t) MÄKINEN, Laura WILMI, Paula	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 30.10.2009
	Sivumäärä 80	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi ALARAAJOJEN NOPEUSVOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUS IKÄÄNTYVIEN VOIMANTUOTTOON, TASA- PAINOON JA REAKTIONOPEUTEEN		
Koulutusohjelma Fysioterapian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) KUUKKANEN, Tiina		
Toimeksiantaja(t)		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä JAMK:n Hyvinvointipalvelutoiminnan oppimiskeskus, HYVIpi- steen kanssa. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää nopeusvoimaharjoittelun vaikutuksia ikäänty- vien voimantuottoon, tasapainoon ja reaktionopeuteen. Tutkimusjoukko koostui kuudesta 56- 72- vuotiaista miehistä, joilla oli aiempaa ohjattua kuntosaliharjoittelu taustaa vähintään 6kk. Harjoitus- jakso toteutettiin kerran viikossa, 8-9 viikon aikana nopeusvoimaperiaatetta mukaillen. Harjoittelu sisälsi lisäksi tasapaino- ja reaktioharjoitteita. Tutkimusjoukolle jaettiin toiminnalliset kotiharjoit- teet. Fyysistä aktiivisuutta seurattiin fyysisen aktiivisuuden seurantalomakkeen avulla. Alku- ja lop- pumittauksissa mitattiin alaraajojen isometristä maksimivoimaa, voimantuottoa, dynaamista mak- simivoimaa, staattista ja dynaamista tasapainoa, tuolilta ylösnousua, kävelynopeutta ja reaktiivi- suutta.</p> <p>Lihassoimamittauksissa lihasten rekrytointinopeus ja dynaaminen maksimivoima kehittyivät ryhmä- kohtaisesti. Tasapainomittauksissa saatiin myös ryhmäkohtaisia positiivisia tuloksia. Reaktiivisuus- testistä laskettu teho(W) kasvoi merkittävästi ryhmäläisten kesken. Yhteys lihasvoiman, voiman- tuoton ja tasapainon välillä todistettiin suhteellisen pienellä tutkimusjoukolla ja lyhyellä harjoitus- jaksolla. Ryhmäkohtaisesti voidaan päätellä kaikkien mittaustulosten parantuneen.</p> <p>Ohjatulla nopeusvoima,- tasapaino- ja reaktiivisuusharjoittelulla saatiin positiivisia vaikutuksia ikäntyvien voimantuottoon, tasapainoon ja reaktionopeuteen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Ikääntyvät, nopeusvoima, voimantuotto, tasapaino, reaktionopeus, nopeus- voimaharjoittelu		
Muut tiedot		

Author(s) MÄKINEN, Laura WILMI, Paula	Type of publication Bachelor´s Thesis	Date 30.10.2009
	Pages 80	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title LOWER LIMB EXPLOSIVE STRENGTH TRAINING EFFECT ON MUSCLE POWER, POSTURAL BALANCE AND REACTIVITY IN ELDERLY		
Degree Programme Physiotherapy		
Tutor(s) KUUKKANEN, Tiina		
Assigned by		
<p>Abstract</p> <p>Bachelor´s Thesis was carried out collaboration with Wellbeing and Rehabilitation Service, HYVI-piste. The study was designed to examine explosive strength training in elderly and the effects on explosive power, postural balance and reactivity. Participants (n=6) were men aged 56 to 72 with previous strength training experience at least 6 months. Training period was executed once a week, during 8-9 weeks. Training consisted of explosive strength exercises, balance and reactivity tasks. The study group received functional home training instructions to enhance the training period. Physical activeness was evaluated with self-reported exercise diary. Lower limb isometric maximum power, dynamic muscle power, static and dynamic balance, gait speed and reactivity were measured in the beginning and end of the training period.</p> <p>In group results, recruiting speed, dynamic muscle and postural balance were improved. Significant results were shown in reactivity test measured as increased power (W). Relation between muscle power, explosive power and postural balance was achieved with rather small study group and short training period. Supervised explosive strength training, postural balance and reactivity training seem to have positive impact on muscle power, postural balance and reactivity in elderly.</p>		
<p>Keywords</p> <p>Elderly, explosive power, muscle power, postural balance, reactivity, explosive strength training</p>		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	4
2 IKÄÄNTYMISEN AIHEUTTAMAT FYSIOLOGISET MUUTOKSET	7
2.1 Lihasvoima	7
2.1.1 Lihaksen voimantuotto	8
2.2 Tasapaino.....	10
2.2.1 Staattinen ja dynaaminen tasapaino.....	12
2.2.2 Toiminnallinen tasapaino.....	13
2.2.3 Kävelynopeus	14
2.3 Reaktionopeus	15
3 IKÄÄNTYVIEN FYYSSINEN HARJOITTELU	17
3.1 Nopeusvoimaharjoittelu	18
3.1.1 Nopeusvoimaharjoittelun vaikutukset lihastasolla	19
3.1.2 Pikavoima ja räjähtävä voima	22
3.2 Tasapainoharjoittelu	23
4 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	25
5 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS JA MENETELMÄT	25
5.1 Tutkimusjoukon kuvaus	27
5.2 Fyysisen aktiivisuuden seurantalomake	28
5.3 Mittaukset.....	30
5.3.1 Alaraajojen isometrinen ojennusvoima.....	30
5.3.2 Alaraajojen maksimivoima	32
5.3.3 Staattinen tasapaino	32
5.3.4 Dynaaminen tasapaino.....	33
5.3.5 Toiminnallinen tasapaino ja reaktionopeus	34
6 HARJOITTELUN TOTEUTUS	35
6.1 Kuntosaliharjoittelu	36
7 TULOKSET.....	39
7.1 Alaraajojen isometrinen ojennusvoima	39
7.2 Alaraajojen nopeusvoima.....	41
7.3 Alaraajojen maksimivoima	42

7.4 Staattinen tasapaino	43
7.5 Dynaaminen tasapaino	44
7.6 Toiminnallinen tasapaino	46
7.7 Reaktionopeus	47
7.8 Ryhmäpalaute.....	48
8 POHDINTA	50
LÄHTEET	60
LIITTEET	66
Liite 1. Kotiharjoitteet osa 1.	66
Liite 2. Ote fyysisen aktiivisuuden seurantalomakkeesta.	70
Liite 3. Harjoituskertojen sisältö.	71
Liite 4. Alaraajojen isometrinen ojennusvoima	72
Liite 5. Alaraajojen maksimivoima.	75
Liite 6. Staattisen tasapainon tulokset.	76
Liite 7. Reaktionopeuden tulokset.	77

KUVIOT

KUVIO 1. Tasapainoon ja asennonhallintaan osallistuvat järjestelmät.....	11
KUVIO 2. Voimantuottokäyrä	19
KUVIO 3. Aikajana	26
KUVIO 4. Liikuntamuodot	29
KUVIO 5. 130-asteen polvikulma	31
KUVIO 6. Plantaarifleksio.....	31
KUVIO 7. Tandem- seisona.....	33
KUVIO 8. Reaktiivisuuden mittaaminen: reaktiivisuustesti	34
KUVIO 9. Isometrisen maksimivoiman yksilölliset tulokset (kg).....	40
KUVIO 10. Reaktioajan yksilölliset tulokset (ms)	41
KUVIO 11. Alaraajojen nopeusvoiman yksilölliset tulokset (s)	42
KUVIO 12. Dynaamisen tasapainon yksilölliset kokonaispistemäärät	44
KUVIO 13. Dynaamisen tasapainon yksilölliset tulokset	45
KUVIO 14. Toiminnallisen tasapainon yksilölliset tulokset.....	46
KUVIO 15. Reaktiivisuuden yksilölliset tulokset.....	47

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Kivun arviointi yksilöllisesti	28
TAULUKKO 2. Ryhmäläisten fyysinen aktiivisuus.....	29
TAULUKKO 3. Nopeusvoimaharjoittelu.....	36
TAULUKKO 4. Harjoitteet ja niissä toimivat lihakset.....	38
TAULUKKO 5. Ryhmän keskiarvotulokset.....	48

1 JOHDANTO

Lähitulevaisuuden suurimpiin haasteisiin kuuluu ikääntyvän väestön toimintakyvystä huolehtiminen. Tavoitteena on tukea ikääntyvien itsenäistä ja aktiivista elämää ja vastata kasvavaan palvelujen tarpeeseen. Kasvavaan palvelujen tarpeeseen tulee vastata tarkoituksenmukaisilla toimenpiteillä, jotta terveyttä ja hyvinvointia pystyttäisiin edistämään. Yksi näistä toimenpiteistä on tarvittavien liikuntapalvelujen järjestäminen sekä fyysisestä aktiivisuudesta huolehtiminen. Tämän hetken eläkeikäisillä on entistä parempi fyysinen kunto, kuin muutama vuosikymmen sitten. Heidän terveystottumuksensa ovat muuttuneet terveellisempään suuntaan ja keskimäärin noin puolet 65–84-vuotiaista suomalaisista ilmoittaa kävelevänsä vähintään puoli tuntia päivässä. (Sulander 2005, 23–24.)

Tilastokeskuksen uusimmasta raportista selviää, että Suomen väkiluku tulee kasvamaan voimakkaasti vuoteen 2030 asti. Yli 65-vuotiaiden määrä väestöstä on tällä hetkellä 16 prosenttia ja sen ennustetaan nousevan 26 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä ja pysyvän samana seuraavat kymmenen vuotta. Yli 85-vuotiaiden määrän uskotaan kasvavan 1,8 prosentista 6,1 prosenttiin vuoteen 2040 mennessä ja näin ollen heidän määränsä kasvaisi 94 000:sta 349 000:een. (Tilastokeskus 2007.) Vuosi 2008 oli merkittävä tilastollisesta näkökulmasta katsottuna, koska ensimmäisen kerran 65 vuotta täyttäneiden määrä ylitti alle 15-vuotiaiden määrän (65 vuotta täyttäneitä 892 068, alle 15-vuotiaita 891 162) (Tilastokeskus 2009). Elinajan pidentyminen asettaa vaatimuksia fyysiselle toimintakyvylle ja itsenäiselle selviytymiselle.

Lihasvoimaa tarvitaan riittävä määrä arkisissa toiminnoissa kuten tuolilta ylösnousussa ja pystyasennon hallinnassa. Portaiden nousu vaatii henkilöltä kykyä astua 20 cm:n korkeudelle, mikä osoittaa alaraajojen lihasvoiman tärkeyden. Vastaavasti bussiin tai junaan astuminen vaatii kykyä astua 35 cm:n korkeudelle. (Koivula & Räsänen 2006/2007, 25.) Lihasten side- ja rasvakudoksen osuus kasvaa ikääntyessä, mikä heikentää lihasvoimaa ja hermolihaskäytännön. Sen myötä voimantuotto-ominaisuudet heikentyvät ja lihasten motoristen yksiköiden aktivointi hidastuu, koska keskushermoston kyky aktivoida nopeasti lihasten motorisia yksiköitä hidastuu. (Portegijs 2008, 21.)

Noin 60 ikävuoden kohdalla negatiiviset tasapainomuutokset alkavat korostua (Era, Sainio, Koskinen, Haavisto, Vaara & Aromaa 2006, 204; Pitkänen 2006/2007, 37). Muutokset tasapainossa voivat johtua monentasoisista syistä, kuten lääkityksestä, sairauksista ja ympäristötekijöistä. Tasapainoon vaikuttavia sairauksia voivat olla muuan muassa keskushermoston sairaudet, kuten Alzheimer. Vuodenajoista talven vaihtelevat sääolot voivat myös olla tasapainon muutosten taustalla. (Pitkänen 2006/2007, 37.)

Ikääntyvien kaatumistapaturmien taustalla ovat kehon asennonhallintakyvyn (tasapainon) ja havaintomotoriikan muutokset. Muita riskitekijöitä ovat alaraajojen lihasvoiman heikkous, kognitiivisen tason aleneminen, useiden lääkkeiden samanaikainen käyttö ja ympäristötekijät. (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 137–141.) Kaatumistapaturmien syyt ovat yksilöllisiä sekä moninaisia (Means 1996, 413). Alikosken & Lämsän opinnäytetyössä esitellystä Koivula & Timosen (2001) teoksesta tulee ilmi, että ikääntyvien kaatumistaipumus on liitettävissä heikkoon alaraajojen lihasvoimaan, mikä osaltaan johtaa ikääntyvien fyysiseen inaktiivisuuteen. Heikentyneen lihasvoiman lisäksi ikääntyvillä voi esiintyä nivelten liikerajoituksia sekä selkärangan jäykistymiseen liittyviä ongelmia, jotka osaltaan vaikuttavat varsinkin pystyasennon hallintaan (Alikoski & Lämsä 2003, 10; Pajala, Sihvonen & Era 2008, 137). Ikääntyvillä lihasten voimantuotto heikkenee enemmän, kuin lihasvoima, mikä vaikuttaa liikkeen korjaamista yllättävissä tilanteissa (Young 1997, 1838). Lihasvoimaharjoittelulla on todettu olevan positiivinen vaikutus räjähtävään lihasvoimaan ja voimantuottoon, joilla on suuri merkitys arkipäivän toiminnoissa (Häkkinen 1999b, 61–62).

Reaktionopeus hidastuu merkittävästi keski-iässä. Reaktionopeuden hidastuminen voi aiheuttaa vaaratilanteita arkielämän toiminnoissa, kuten liikenteessä. (Halstead, Myklebust & Myklebust 1997, 1683–1685.) Alentunut alaraajojen lihasvoima, heikentynyt tasapaino ja reaktionopeuden hidastuminen yhdessä ovat riski etenkin suojateitä ylittäessä. Liikennevaloissa suojatien turvallinen ylittäminen edellyttää 1,2 m/s kävelynopeutta. (Koivula & Räsänen 2006/2007, 25.) Valojen vaihtumisen reagointiin sekä liikkeen aloittamiseen

kuluu aika ja näin ollen ikääntyvälle voi tulla kiire tien ylittämiseen. Tien ylittäminen pienellä viiveellä ja kiireellä voi horjuttaa puolestaan tasapainoa.

Opinnäytetyön tavoitteena on syventyä alaraajojen nopeusvoimaharjoittelun toteutukseen ja vaikutuksiin. Tarkoituksena on selvittää, onko nopeusvoimaharjoittelulla vaikutusta ikääntyvien voimantuotto- ominaisuuksiin, tasapainoon ja reaktionopeuteen. Valitsimme tutkimusjoukoksi ikääntyvien miesten kuntosaliryhmän, joilla oli aiempaa kokemusta kuntosaliharjoittelusta. Toteutusta varten koottiin testistö sekä suunniteltiin 8–9 viikon mittainen, kerran viikossa toteutunut kuntosaliharjoitusjakso. Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä JAMK:n Hyvinvointipalvelutoiminnan oppimiskeskuksen, HYVIpisteen kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena on palvella opinnäytetyön tekijöitä ja muita opiskelijoita, yhteistyötahoa sekä fysioterapian ammattilaisia.

2 IKÄÄNTYMISEN AIHEUTTAMAT FYSIOLOGISET MUUTOKSET

2.1 Lihasvoima

Isometrinen lihasvoima on lihaksen tai lihasten tuottaman vääntömomentin suuruus, jonka lihas voi tuottaa määrittämättömän ajan kestävän maksimaalisen isometrisen supistuksen aikana. Päivittäisissä toiminnoissa isometrisen lihastyön osuus on pieni, koska valtaosa toiminnoista on dynaamista lihastyötä. (Enoka 1994, 304- 305.) Konsentrisen/eksentrisen sekä isometrisen lihastyö eroavat toisistaan lievästi; konsentrisessä/eksentrisessä supistusnopeus on suuri ja isometrisessä puolestaan voimantuottonopeus on suuri. (Enoka 1994, 203). Toisen määritelmän mukaan lihasvoima on kyky tuottaa voimaa (Bean, Kiely, Herman, Leveille, Mizer, Frontera & Fielding 2002, 461). Maksimivoima tarkoittaa mahdollisimman suurta voimatasoa, jonka lihasryhmä tai yksittäinen lihas tuottaa tahdonalaisesti kerta-supistuksen aikana (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 138).

Supistumisajan ja kestävyysominaisuuksien perusteella lihassolut jaetaan kolmeen: 1.I -tyypin lihassolut eli hitaat, oksidatiiviset, aerobiset solut, 2. II a -tyypin lihassolut eli nopeasti supistuvat, mutta kapasiteetiltaan korkea oksidatiiviset sekä 3. IIb-tyypin lihassolut eli nopeat lihassolut, joilla on alhainen aerobinen kapasiteetti. (Linnamo 2002, 13.)

Lihassolujen määrän pientyminen alkaa noin 25 vuoden iässä ja 80 ikävuoteen mennessä lihassolujen määrä on vähentynyt lähes 39 % (Pansarasa, Felzani, Vecchiet & Marzatico 2002, 1069–1070). Miehillä merkittävämpi lihasmassan pientyminen alkaa neljänneltä vuosikymmeneltä alkaen vähentyen noin 8-10 % / vuosikymmen (Pansarasa ym. 2002, 1069–1070.; Young 1997, 1838). Naisilla merkittävä lihasmassan väheneminen alkaa proteiinin määrän vähentymisen vuoksi noin 60 vuoden iässä ja seitsemänteen vuosikymmeneen mennessä se on vähentynyt noin 25 % (Pansarasa ym. 2002, 1070). Agonistien (vaikuttajalihasten) tahdonalaisen maksimaalisen toiminnan alentuminen selittää osaksi lihasvoiman heikentymisen. (Häkkinen 1999b, 61.)

Ikääntymisen tuomissa muutoksissa on yksilöllisiä eroja, toisilla ikääntymisen muutokset näkyvät aikaisemmin kuin toisilla (Young 1997, 1841). Heikentyneet nilkan dorsifleksorit, m. quadriceps femoriksen lihasvoima sekä voimantuotto ovat yhteydessä lisääntyneeseen kaatumisriskiin ja kaatumisen pelkoon (Skelton, Kennedy & Rutherford 2002, 119). Lihasten väsyminen on nopeampaa, koska niiden ATP-, KP- ja glykokeenivarastot vähenevät (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 136).

Voimaharjoittelusta huolimatta jokaisella tapahtuu lihasmassan pientymistä, mutta harjoittelulla voidaan vaikuttaa jäljelle jäävän lihassäikeiden määrään (Young 1997, 1838). Lihasmassa vaikuttaa lihasvoiman ja räjähtävän voiman suuruuteen, lihaksen aineenvaihduntaan ja aerobiseen kuntoon. Voimaharjoittelun anabolisella vaikutuksella on mahdollisesti yhteys lihaksen toimintaan ja terveyteen, mutta mekanismia ei tunneta. Maksimaalinen hapenottokyky (VO₂max) pienenee iän myötä noin 10 % vuosikymmenessä, mikä lienee osaksi myös seurausta lihasmassan pientymisestä. Ainakin 70 ikävuoteen asti kestävyysharjoittelun avulla maksimaalinen hapenottokyky voi parantua jopa 10–20 %. (Young 1997, 1839–1840.)

Ikääntyessä ilmenee sarkopeniaa eli lihaksen massan pientymistä ja siitä johtuen lihassäikeiden määrä ja koko pienenee. Iän myötä pääasiassa nopeat, II-tyyppin lihassolut pienenevät ja vähenevät, mikä vaikuttaa heikentävästi erityisesti alaraajojen ojentajalihasten maksimaaliseen supistumisnopeuteen. (Portegijs 2008, 15.) II- tyyppin lihassolujen pinta-ala ja määrä pienentyy, sekä lihassolujen hermotus heikentyy. I-tyypin lihassoluissa tapahtuu puolestaan iän myötä vain vähäisiä muutoksia. Näyttää siltä, että II -tyypin lihassolujen vähentyminen johtuu pääasiassa glykolyttisten entsyymien muutoksista sekä mitokondrioiden vähenemisestä. (Pansarasa ym. 2002, 1069, 1072.)

2.1.1 Lihaksen voimantuotto

Lihaksen voimantuotolla tarkoitetaan tuotettua voimaa ja lihaksen supistumisnopeutta (Portegijs 2008, 14). Toisin sanoen voimantuotto tarkoittaa lihastyötä

jaettuna ajalla tai voiman ja nopeuden tuotetta (Enoka 1994, 108). Lihaksen voimantuotto ja supistumisnopeus ovat merkittäviä toimintakyvyn kannalta (Portegijs 2008, 11). Voimantuotto heikkenee ensisijaisesti lihasmassan pienenemisen, lihassolujen koon ja lukumäärän vähenemisen vuoksi (Berg 2001, 277).

Keskushermosto säätelee voimantuottoa. Mitä paremmin keskushermosto aktivoi motorisia yksiköitä ja mitä suurempi on syttymisfrekvenssi (syttymistiheys), sitä parempi on voimantuotto (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 128). Voimantuottoon ja lihassolujen rekrytointiin vaikuttavat myös välittäjäaineen herkkyys, solukalvon herkkyys jännitteen ja sähkövirran muutoksille, synapsiyyteyksien ja purkautuvan välittäjäaineen määrä sekä synapsien jakautuminen sooman (hermosolun runko-osa) ja dendriittien (tuojahaarake) kesken. Lisäksi voimantuotto riippuu yhden motorisen yksikön tuottamien aktiopotentiaalien välisestä ajasta. (Enoka 1994, 151, 193.) Lihaskuonon heikentyminen on suurempaa kuin kehonpainon pieneneminen. Toisin sanoen henkilö joutuu liikuttamaan kehoaan suhteellisesti pienemmällä lihasvoimalla, minkä seurauksena voimantuotto hidastuu. Voimantuoton negatiivinen muutos onkin suurempaa kuin lihasvoiman muutos. Mitä huonommin henkilö pystyy tuottamaan voimaa painokiloaan kohti, sitä suurempi riski on kaatumiseen. (Rhonda, de Vos, Singh, Ross, Stavrinou & Fiatarone-Singh 2006, 78; Young 1997, 1838.)

Motorinen yksikkö muodostuu motoneuronista, aksoneista eli päätehaaroista sekä niiden hermottamista lihassoluista. Yhdessä motorisessa yksikössä kaikki lihassolut ovat samantyyppisiä. (Linnamo 2002, 12.) Motoneuronit ovat neuroneita, joiden aksonit yhdistyvät suoraan lihassoluihin. Ne ovat hermoston pääteosat, minkä vuoksi niiden merkitys lihaksen aktivoinnissa on suuri. (Enoka 1994, 136.) Motoneuronit ovat suurempia nopeissa lihassoluissa, kuin hitaissa (Linnamo 2002, 13).

Gydikov ja Kosarov (1973, 1974) jakoivat motoriset yksiköt toonisiin eli asentoa ylläpitäviin ja faasiin eli liikettä aikaansaaviin motorisiin yksiköihin. Tooniset yksiköt ovat aerobisia ja ne rekrytoidaan pienemmillä voimatasoilla. Faasiset yksiköt väsyvät nopeasti ja ne rekrytoidaan suuremmilla voimatasoilla. (Linnamo 2002, 13.) Asentoa ylläpitävissä lihaksissa on enemmän hitaita li-

hassoluja, kuin voimantuottoon keskittyneissä lihaksissa (Enoka 1994, 157). Nopeilla motorisilla yksiköillä solukalvon johtumisnopeus on korkeampi (Linnamo 2002, 65). Nopeissa motorisissa yksiköissä on korkein hermotussuhde eli yksi motoneuroni hermottaa satoja tai tuhansia yksittäisiä ja suurimpia lihassoluja, minkä vuoksi niiden voimantuottotaso on korkeampi. Nopeiden lihassolujen myosiini adenosiinitrifosfaasin määrä on korkeampi kuin hitaiden, mikä tarkoittaa, että lihassolujen maksimaalinen supistumisnopeus on parempi. (Enoka 1994, 156.) Vaikka hitaat lihassolut tuottavat vähemmän voimaa, ne tuottavat sitä kuitenkin nopeita lihassoluja tehokkaammin (Enoka 1994, 158).

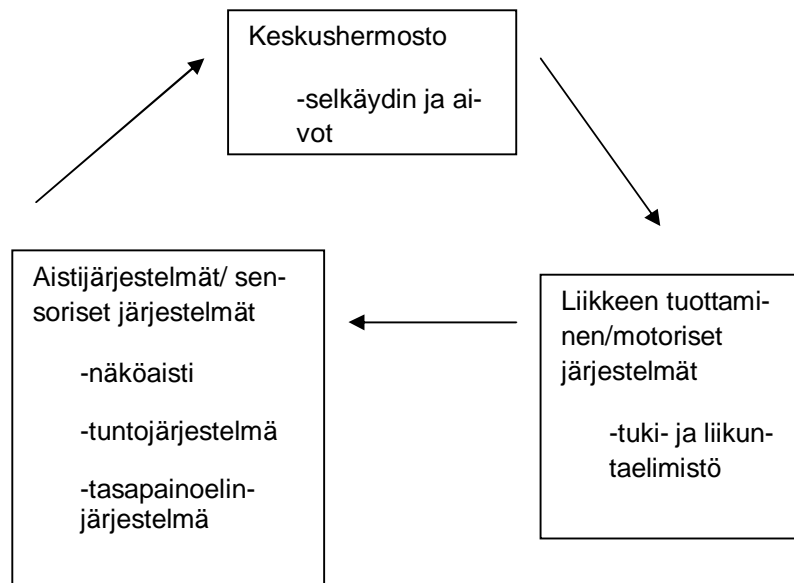
Voimaa tuottaessa Hennemanin kokoperiaatteen mukaan pienet, hitaat motoneuronit rekrytoidaan ensin ja voimatason noustessa, isommat, nopeat motoneuronit rekrytoidaan 50–80 %:n maksimaalisesta tahdonalaisesta lihassupistuksesta. Sen jälkeen voimatasoa kasvatetaan lisäämällä jo aktiivisten yksiköiden syttymisfrekvenssiä. Suurilla voimatasoilla ja nopeuden kasvaessa syttymisfrekvenssi lisääntyy pääasiassa faasisilla, nopeilla motorisilla yksiköillä, joilla lihasaktivaatiota ylläpidetään. Nopeissa supistuksissa rekrytointijärjestys on samanlainen, kuin hitaissa supistuksissa. (Linnamo 2002, 14–15.)

Alaraajojen isometrisellä voimadynamometrillä voidaan mitata lihaksen/lihasten isometristä ekstensiosuuntaista maksimaalista, tahdonalaista voimantuottoa. Sen avulla pystytään mittaamaan tarkasti voimantuottoa erisuuruksilla nivelkulmilla tuottamalla mahdollisimman suuri voima mahdollisimman lyhyessä ajassa voimalevyä vasten. Mittauksessa tärkeää on mittauslaitteen kalibrointi. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 139.)

2.2 Tasapaino

Tasapaino määritellään vartalon hallittuna asentona, jossa kehonpainopiste säilyy tukipinnan sisäpuolella. Tasapainon ja asennon hallinta ovat sekä fysiologisesti että anatomisesti monimutkainen järjestelmä, joka kehittyy ihmisen kehityksen edetessä. Asennonhallinnan ylläpitämiseen osallistuu noin 700

lihasta ja kontrolloitavana on noin 200 eri vapausastetta (nivelten asennot ja niiden yhdistelmät). (Era 1997, 54–55.) Asennonhallintaan osallistuvat keskushermosto, tuki- ja liikuntaelimistö, asento- ja liiketunto (somatosensoriikka), hermo-lihasjärjestelmä ja monet aistikanavat (vestibulaarijärjestelmä, näkö ja mekaaninen tuntoaisti)(Pitkänen T. 2006/2007,2).(Ks. kuvio 1.)



KUVIO 1. Tasapainoon ja asennonhallintaan osallistuvat järjestelmät

Keskushermosto analysoi eri asennonhallintaa säätelevistä järjestelmistä tulevaa tietoa ja tuottaa sen mukaisia vasteita (liikkeitä). Tasapainon säätelyn kannalta tärkeitä ovat myös kosketus- ja asentotunto (asento- ja liikeaisti). Aistireseptorit sijaitsevat lihaksissa, nivelissä ja iholla. Pääasiassa jalkapohjien reseptorit aistivat pystyasentoa. Reseptorien tehtävänä on aistia kehon eri osien suhdetta toisiinsa ja muun muassa suhteessa alustaan, jotta oikeanlaisia motorisia vasteita voidaan toteuttaa. (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 138.)

Vestibulaarijärjestelmän avulla aistitaan oma liikkuminen suhteessa ulkoisten kohteiden liikkumiseen. Vestibulaarijärjestelmän toiminta jaetaan kahteen osaan: *tasapainokivet* informoivat pään asennosta suhteessa painovoimakenttään ja *korvan kaarikäytävät* aistivat pään liikkeiden kiihtyvyyksiä ja hidastuvuuksia. Näön heikkenemisellä on myös merkittävä rooli, koska ikääntyvien

näköinformaation käsittely on hitaampaa. (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 138.) Näköinformaation avulla saadaan tietoa pystyasennosta, kävelysuunnasta, nopeudesta, esteistä ja muista tärkeistä ympäristötekijöistä (Tseng, Stanhope, & Morton 2009, 807).

Tasapaino ja asennonhallinta perustuvat ennakoivien ja palautetta antavien mekanismien toimintaan. Sensorisen tiedon perusteella hermostollinen ohjaus tuottaa oikeanlaisen motorisen vasteen. Motorisilla vasteilla tarkoitetaan selkäydintasolla tapahtuvia automaattisia refleksejä, alemman aivotason strategioita kuten nilkka- ja lonkkastrategia ja ylemmällä aivotasolla tapahtuvia tahdonalaisia vasteita, joita on melkein loputtomasti. (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 136–137). Refleksit ovat tahdosta riippumattomia ja ovat ihmisen nopeimpia liikkeitä. Tasapainostrategioita varastoidaan läpi elämän ja ne ovat refleksejä hitaampia. Tahdonalaiset vasteet ovat kaikkein hitaimpia ja niitä voidaan tehdä rajattomasti riippuen arkielämän tehtävistä. (Pitkänen T. 2006/2007, 36.)

2.2.1 Staattinen ja dynaaminen tasapaino

Tasapaino jaetaan staattiseen ja dynaamiseen tasapainoon. Staattisessa tasapainossa pyritään ylläpitämään staattinen asento. Dynaaminen tasapaino on tasapainon säilyttämistä dynaamisen liikesuorituksen aikana. Jaottelu on hieman kyseenalainen, koska molemmat tasapainon osa-alueet perustuvat samoihin aistitiedon lähteisiin sekä korjausmekanismeihin. Staattisen tasapainon staattisuus (paikalla pysyminen) on hieman kyseenalaista tilanteissa, kuten normaalissa seisoma-asennossa, jossa tapahtuu asennon jatkuvaa oskillointia eli keinuntaa/huojuntaa sekä korjausliikkeitä asennon ylläpitämiseksi. (Era 1997, 54.)

Sihvosen (2004) mukaan kehon huojunnan ja iän suhde näkyy lasten ja ikään-tyvien suurempana kehon huojuntana verrattuna keski-ikäisiin. Keski-ikäisten henkilöiden väliset erot olivat taas pieniä. Tutkimuksessa (n=593) huomattiin keski-ikäisten ja ikään-tyvien miesten suurempi kehon huojunta verrattuna samanikäisiin naisiin. Tutkimuksessa toteutetulla tasapainoharjoittelulla todettiin ehkäisevä vaikutus kaatumistapaturmiin. (Sihvonen 2004, 49–50.) Iänmu-

kaiset muutokset tasapainossa tapahtuvat etenkin sivusuuntaisessa huojunnassa. (Pajala, Era, Koskenvuo, Kaprio, Törmäkangas & Rantanen 2008; Piirtola & Era 2006 Saari 2000, 7). Lisääntynyt sivusuuntainen huojunta on liitetty aikaisempiin kaatumistapaturmiin sekä tulevaisuuden mahdollisiin kaatumistapaturmiin (Johnson–Hilliard, Martinez, Janssen, Edwards, Mille, Zhang & Rogers, 2008, 1711).

Terveys 2000 – tutkimuksessa (n=8028) arvioitiin yli 30-vuotiaiden tasapainoa voimalevyanturin avulla. Tutkimuksessa mitattiin sivusuuntaista ja eteen-taaksesuuntaista huojuntaa sekä huojuntanopeutta. Tuloksissa havaittiin huomattava yhteys iän ja sivusuuntaisen ja eteen-taaksesuuntaisen huojunnan välillä, mutta vielä merkittävämpi yhteys oli vauhtimomentin ja iän välillä. Miehillä todettiin sivusuuntaisen huojuntanopeuden sekä huojunta pinta-alan kasvavan. Tuloksissa tuli myös ilmi, että tukipinta-alan kaventuessa huojunnan määrä ja nopeus kasvoivat. Testien vaikeutuessa, esimerkiksi visuaalisen aistikanavan eliminoinnissa, ikäryhmien väliset erot kasvoivat (Era ym. 2006)

2.2.2 Toiminnallinen tasapaino

Toiminnallinen tasapaino koostuu staattisen ja dynaamisen tasapainon yhdistelmästä. Tasapainoon on yhdistetty toiminnallinen tehtävä, joka vaatii lihasvoimaa ja lihas-, jänne- ja ihoreseptorien aktiivista toimintaa. (Gribble & Hertel 2003, 90.) Toiminnallinen tasapaino korostuu arkielämän tilanteissa, joissa varsinkin alustan pinnan vaihtelulla on merkitystä. Maastossa liikkuminen poikkeaa oleellisesti esimerkiksi kestopäällysteellä kävelemistä. Tämän vuoksi toiminnallisen tasapainon mittaaminen voi osoittautua haastavaksi, koska oikeanlaisten testiolosuhteiden luominen vaatii aikaa ja sopivat tilat. Monen ikäihmisen kohdalla toiminnallista tasapainoa ei välttämättä mitata normaalin lääkärintarkastuksen yhteydessä. (Means 1996, 414.)

Tuolilta ylösnousussa tarvitaan toiminnallista tasapainoa. Siihen vaikuttavat eri lihasryhmien jaksottainen supistuminen (polven ja lonkan ekstensorit, nilkan plantaarifleksorit ja selän ekstensorit) ja samanaikainen anteriorinen kehon

massan keskipisteen muutos. Toimintoa hankaloittaa käsinojaton tuoli sekä sen istuinkorkeus ja -syvyys. (Means 1996, 414–415.)

2.2.3 Kävelynopeus

Kuten johdannossa on mainittu, alentunut lihasvoima ja tasapaino-ongelmat yhdessä tuottavat yleensä vaikeuksia muun muassa kävelyn. Ikäihmisillä itsenäinen liikkuminen on elinehto kotiloissa sekä kodin ulkopuolella selviämiseen. Cesari ja muiden mukaan (2005) mukaan alle 1 m/s:n kävelynopeus ennustaa korkean riskin toimintavajavuuksia. Kyseisessä tutkimuksessa (n=3047) käytettiin normaalin kävelynopeuden arviointiin 6 m:n matkaa. (Cesari ym. 2005, 1675.)

Saari (2000) tarkasteli pro gradu -tutkielmassaan Jyväskylässä Ikivihreät-projektiin osallistuneiden (n=85) muutoksia tasapainossa ja kävelynopeudessa 5 vuoden seuranta-aikana. Tuloksissa ilmeni merkittävä kävelynopeuden hidastuminen ja huojunnan lisääntyminen sekä 80-vuotiaana lisääntyneen huojunnan ja hidastuneen kävelynopeuden yhteys kuolleisuuteen. Tutkimuksessa ei kuitenkaan löydetty merkittävää yhteyttä tasapainon ja kävelynopeuden välillä. (Saari 2000, 45.) von Bonsdorffin tutkimuksen (2009) (n=1954) mukaan kotona ikääntyvillä, joilla on vaikeuksia kävelyssä ja kognitiivisissa toiminnoissa, on suurempi riski joutua laitoshoitoon verrattuna henkilöihin, joilla on korkeintaan yksi toimintavajavuus (von Bonsdorff 2009, 78).

Liikkumiskykytesteistä iäkkäille sopivimmaksi testiksi on havaittu kävelynopeuden mittaaminen. Suuri kävelynopeus edellyttää nilkan alueen lihasten normaalia toimintaa sekä tasapainon säätelykykyä. Kävelynopeutta voidaan mitata itse valittuna (normaali kävelynopeus) tai maksimaalisena kävelynopeutena (henkilö kävelee mahdollisimman nopeasti kuitenkin juoksematta). Mittauksessa on huolehdittava riittävästä tilasta kiihdytys- ja jarrutusmatkasta. (Sakari-Rantala 2004, 30; Cesari ym. 2005, 1676.) Kävelyn mittaamisessa olisi hyvä mitata myös muitakin komponentteja kuten tukivaiheen kesto, askelpituus ja -leveys. Tarkoituksenmukaisten testiolosuhteiden luominen on merkityksellistä. (Saari 2000, 18, 47.)

Rannan (2004) tutkimuksen (n=96) mukaan toimintavajavuudet (pitkäaikaissairaudet), fyysinen aktiivisuus ja koettu terveydentila ovat verrannollisia kävelynopeuteen: Mitä vähemmän oli toimintavajavuuksia, oli fyysisesti aktiivinen ja koki terveytensä hyväksi, sitä suurempi oli kävelynopeus. (Ranta 2004, 95). von Bonsdorffin tutkimus on ensimmäinen, jossa tutkittiin keski-ikästä vanhuuteen jatkuneen liikunnan yhteyttä sairaala- tai laitoshoitoon joutumiselle. Tutkimuksessa todettiin, että myöhemmässä iässäkin aloitettu liikunta ehkäisee toimintavajavuuksia ja vähentää sairaala- tai laitoshoitoon joutumisen riskiä. (von Bonsdorff 2009, 77–78.)

2.3 Reaktionopeus

Reaktionopeus kuvaa henkilön kykyä havainnoida ärsyke ja suunnitella sekä toteuttaa ärsykettä vastaava vaste. Reaktionopeus ja ärsykkeen prosessointi ovat suurempia fyysisesti aktiivisemmilla henkilöillä verrattuna liikuntaa harastamattomilla. On kuitenkin vaikeaa todistaa, kuinka paljon myöhemmässä iässä aloitettu fyysinen harjoittelu vaikuttaa reaktioaikojen paranemiseen. Pitkäkestoilla, yli 6 kk kestäneillä harjoitusohjelmilla on kuitenkin saatu positiivisia vaikutuksia reaktionopeuteen. (Sakari-Rantala 2004, 18.) Iän myötä fysiologisten tapahtumien kontrollointi heikkenee, mikä johtuneen muun muassa neuronien ja motoristien yksiköiden määrän vähenemisestä tai muutoksista näiden välisessä liitännässä (Sosnoff & Newell 2008, 344, 350).

Reaktioaika jaetaan esimotoriseen eli aika ärsykkeestä lihasaktiivisuuden alkuun ja motoriseen eli aika lihasaktiivisuuden alusta voimantuoton alkuun (Mero 2007, 164). Nopeaa reagointia tarvitaan muun muassa väistettäessä liukasta kohtaa (lumi, jää) ja jopa 50–100 millisekunnin myöhästymisen kohdan havaitsemista voi heikentää mahdollisuuksia kohdan väistämisessä (Sakari-Rantala 2003, 36). Ennakointi on tärkeää ja reagointi perustuu sensorimotoriseen palautteeseen. Ennakointi toimii hyvin silloin, kun ympäristö on tuttu. Reagointikykyä tarvitaan kuitenkin yllättävissä tilanteissa joko refleksinomaisesti tai tahdonalaisesti. Reagoinnin täytyy olla nopea ja tarkoituksenmukai-

nen ollakseen hyödyllinen ja estääkseen kaatumisen. (Tseng, Stanhope, & Morton 2009, 807–808.) Sopivia liikuntamuotoja reaktio- ja liikenopeuden harjoittamiseen ovat tanssi- ja musiikkiliikunta ja pallopelit. Kyseisissä liikuntamuodoissa pystytään säätämään rasitustasoa sekä harjaannuttamaan erilaisia motorisia taitoja ryhmäläisten tarpeen mukaan. (Ruuskanen 1997, 143, 156.)

Havaintomotoriikan muutoksia mitataan yleensä reaktio- ja liikeajan mittauksilla. Mittaustilanteessa henkilön tulisi reagoida erilaiseen ärsykkeeseen (visuaalinen, auditiivinen) ja tuottaa sen mukainen vaste eli reagoida määrättyllä tavalla. Vaste voi olla joko puhe- tai liikesuoritus. Mittauksista pystytään siis erottelemaan reaktioaika liikeajasta. Reaktioaika tarkoittaa ärsykkeen havaitsemisesta vasteen alkuaan ja liikeaika tarkoittaa aikaa vasteen alkamisesta testin loppumiseen. Yksinkertaisessa reaktiotestissä ärsyke ja vaste pysyvät samana, kun taas monivalintareaktiotestissä ärsyke ja vaste vaihtelevat. Tällöin henkilön pitää valita oikea vaste ärsykkeeseen ja suorituksen tulee olla mahdollisimman nopea. On todettu, että monimutkaisissa monivalintatesteissä ikääntyvät suoriutuivat nuorempia selvästi heikommin, kun taas helpommissa, yksinkertaisissa testeissä erot olivat pienemmät. (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 146; Sakari-Rantala 2003, 36.) Reaktioaikaa mittaamalla saadaan tietoa keskushermoston toiminnasta (Sakari-Rantala 2003, 36).

On todettu, että reaktioaika nopeutuu 25. ikävuoteen asti ja 50. ikävuoden kohdalla heikkeneminen kiihtyy (Pajala, Sihvonen & Era 2003, 132). Ikääntymisen myötä reaktioaika erilaisiin ärsykkeisiin pitenee, mikä johtuu hidastuneesta lihasten motoristen yksiköiden aktivoitumisesta (Halstead, Myklebust & Myklebust 1997, 1683–1685). Tsengin, Stanhopen ja Mortonin tutkimuksessa (2009)(n=26) tutkittiin ikääntyvien reagoitokykyä ja huomattiin reaktioajan olevan selvästi pidempi kuin nuorilla osallistujilla. Ikääntyvien reagoinnin hidastuminen sekä tuotetun voiman heikentyminen korostuvat yllättävissä tilanteissa. Muutokset voivat johtua tuntohäiriöistä, lihasvoiman tai voimantuoton vähentymisestä, psykologisista, emotionaalisisista ja hermostollisista tekijöistä sekä dual- taskingin vaikeudesta. Nuoret aikuiset kykenevät nopeuttamaan reaktiivista vastetta tarvittaessa, kun taas ikääntyvät eivät. (Tseng, Stanhope, & Morton 2009, 807–813.) Sosnoffin ja Newellin tutkimuksessa (n=25) todet-

tiin, että iän myötä (tutkimusryhmä 65- 69-vuotiaita) motorisen toiminnan aloittaminen hidastuu eli ikääntyvä pystyy tuottamaan vasteen ärsykeisiin aiempaa hitaammin. (Sosnoff & Newell 2008, 350- 351.)

Reaktionopeutta ja pohjelihasten kykyä tuottaa maksimaalista nopeusvoimaa mitataan alaraajojen reaktiivisuustestillä. Testissä hyödynnetään alaraajojen elastisia ominaisuuksia sekä lihaksiston ja hermoston yhteistyötä. Suorituksen teho määritellään vertaamalla kontakti- ja lentoaikaa. (Kyröläinen 2007, 155–156.) Kontaktiajan ja lentoajan perusteella määritellä teho eli jump power (W). Mitä lyhyempi kontaktiaika ja pidempi lentoaika, sitä parempi teho hyppyissä on. Lentokorkeus selittää omalta osaltaan hyviä tehoarvoja, mitä korkeampia hyppyjä, sitä parempi teho. (Kyröläinen 2007, 155.)

3 IKÄÄNTYVIEN FYYSINEN HARJOITTELU

Säännöllinen, pitkäaikainen liikuntaharrastus on tärkeää, koska harjoitusvaikutukset ikääntyvillä ovat lyhytaikaisia (Alén, Kukkonen-Harjula & Kallinen 1997, 64–65; Sihvonen 2008, 119). Monipuoliseen harjoitteluohjelmaan tulisi sisällyttää lihaskuntoa, liikkuvuutta, tasapainoa, koordinaatiota ja reaktio/liikenopeutta kehittäviä harjoitteita (Ruuskanen 1997, 1549). Muita yleisiä periaatteita ikäihmisten liikunnassa ovat jatkuvuus eli liikunnasta yritetään tehdä osa elämäntapaa, spesifisyys eli tietyillä harjoitteilla pyritään vaikuttamaan haluamiin ominaisuuksiin, progressiivisuus eli harjoittelun tulee olla nousujohteista, jotta saadaan aikaan haluttuja tuloksia sekä riittävä kuormitus, koska lihakset adaptoituvat helposti (Sakari-Rantala 2004, 8).

Lihaskuntoharjoittelussa korostuu turvallinen harjoittelutapa. Kuntosalilaitteet ovat turvallisia, mutta eivät sovellu kotikäyttöön. Vapailla painoilla suoritettavat harjoitteet vaativat harjoittelijalta enemmän tietämystä ja oikeaoppista tekniikkaa. Lihaskuntoharjoitteissa tulisi välttää hengityksen pidättämistä eli valsalvausta ja liian voimakasta puristusotetta, jotta verenpainelukemat eivät nousisi. Voimaharjoitteluun liittyvät voimakkaat ponnistukset ovat kuitenkin kestoaltaan lyhyitä eikä sydän- ja verenkiertoelimistön ylikuormittuminen siten muodostune useinkaan haitalliseksi. (Alén ym. 1997, 72; Kallinen.)

Harjoittelun turvallisuutta vähentävät muun muassa alkulämmittelyn riittämättömyys, liian kuormittava aloitus ja kiire. Kyseisillä tekijöillä on myös yhteys äkillisiin liikuntatapaturmiin (venähdykset, revähdykset). Vääränlaisilla varusteilla ja välineillä on vaikutusta harjoittelun onnistuneeseen toteutukseen. Lihasvoimaharjoittelun positiiviset vaikutukset terveyteen ja toimintakykyyn ylittävät todennäköisesti moninkertaisesti mahdolliset negatiiviset vaikutukset. (Alén ym. 1997, 65–66; Kallinen).

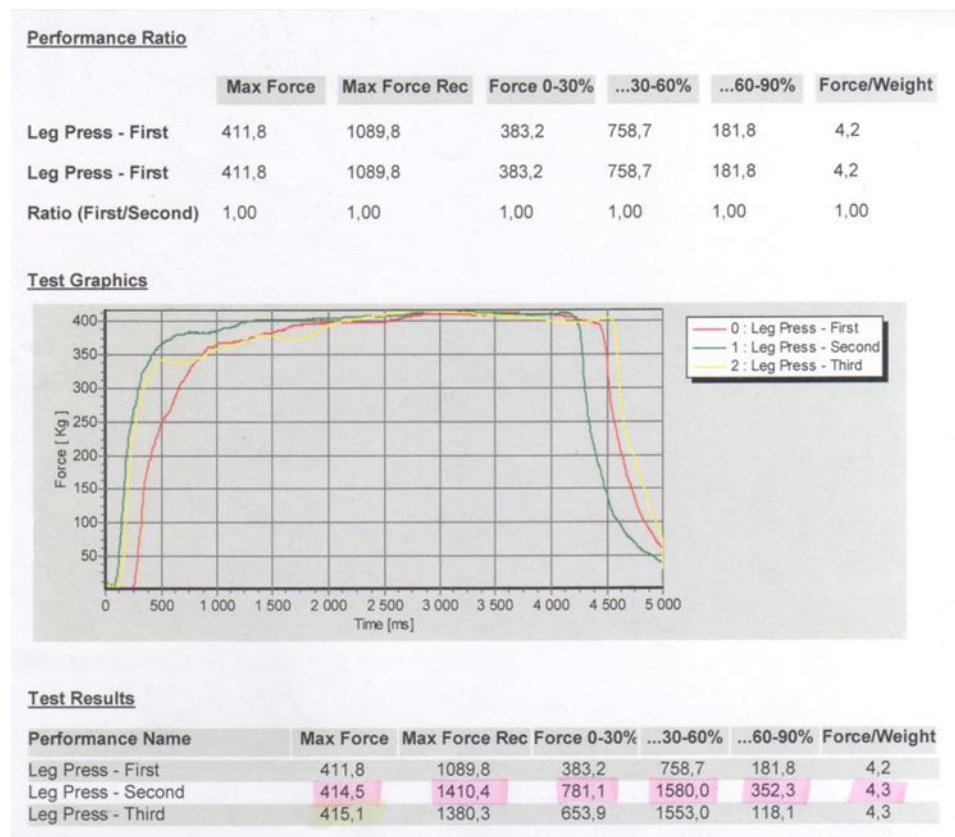
Ikäihmisten harjoittelussa tulee kiinnittää huomiota motoristen taitojen opettamiseen ja havainnoida, kuinka ikäihminen oppii. Ikäihmiset tarvitsevat enemmän yksittäisiä toistoja ja he jaottelevat usein pitkät liikesarjat pienempiin osiin. Tämä johtuu osaltaan muistikapasiteetin rajallisuudesta ja mieleen palautusongelmista. Liikkeiden yhdisteleminen voi olla vaikeaa, mikä vaikuttaa koordinaatioon sekä liikkeeseen tarvittavan voiman kontrolloimiseen. Ikäihmisen omat toimintakykytekijät ovat edellytyksenä motoristen taitojen oppimiselle. (Ruuskanen 2008, 99–100.)

3.1 Nopeusvoimaharjoittelu

Ikääntyvien voimaharjoittelun sisältöön tulisi kuulua tarkoituksenmukaisia, turvallisilla liikeradoilla toteutettuja nopeusvoimatyyppejä harjoitteita hermoston ja nopeiden lihassolujen harjoitusvaikutusten kannalta. Harjoittelun edetessä harjoitteisiin voidaan lisätä koko kehoon suuntautuvia harjoitteita, kuten hyppyjä ja pyrähdyksiä (Korhonen 2003, 122).

Nopeusvoimaharjoittelu vaikuttaa spesifisesti hermo-lihasjärjestelmän voimantuottoon, joka voidaan mitata ja havainnollistaa voimantuottokäyrällä (Ks. kuvio 2). Voima- aikakäyrästä voidaan laskea aika voimatason saavuttamiseen supistuksen alusta. Mitä jyrkempi voima-aikakäyrä on, sitä lyhyemmässä ajassa voimantuotto tapahtuu, koska solurakenne on nopeampi. (Korhonen 2008, 129.) Maksimaaliseen voimantuottoon ei nopeusvoimaharjoittelulla pääasiassa voida vaikuttaa (Häkkinen 1990, 127–129). Dynaaminen voimaharjoittelu lisää dynaamista voimaa, mutta vain vähän isometristä voimaa ja

päinvastoin (Häkkinen 1999a, 60). Nopeusvoimaharjoittelu vaatii täydellistä keskittymistä ja psyykkistä latautumista, koska suorituksessa tarvitaan maksimaalista nopeaa suoritusta. Oikein suoritettut nopeusvoimaharjoitteet voivat olla henkisesti äärimmäisen raskaita, koska keho työskentelee suorituskyvyn äärirajoilla (Korhonen 2008, 134; Misikangas 1999).



KUVIO 2. Voimantuottokäyrä

3.1.1 Nopeusvoimaharjoittelun vaikutukset lihastasolla

Nopeusvoimaharjoittelussa hyödynnetään lihasten elastisia ominaisuuksia, mikä huomioidaan harjoittelussa suuremmilla nivelkulmilla. Lihaspituus vaikuttaa voimantuottoon. Lihaksen sarkomeerien keskipituuksilla aktiini- ja myosiinifilamenttien välillä on poikkisiltoja eniten, jonka ansiosta lihas pystyy tuottamaan eniten voimaa. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 129.) Nopeusvoimaharjoittelun avulla kehitetään sekä tahdonalaista, että reflektorista säätelyjärjestel-

mää tehostamalla motoristen yksiköiden rekrytointia, joka lisää nopeiden suoritusten voimantuottoa (Kyröläinen 2007, 151). Lihaksen kasvu johtuu yksittäisten lihassäikeiden suurenemisesta sekä nopeissa, että hitaissa lihassoluissa. Pieni osa lihasten kasvusta johtuneen lihassolujen välisen kudoksen lisääntymisestä. Harjoittelulla saavutettu lihasten hypertrofia hitaissa ja nopeissa lihassoluissa sekä lihasvoiman kasvu voidaan saavuttaa myös ikääntyvillä, kunhan voimaharjoittelun intensiteetti, kuormitus ja kesto ovat riittäviä. (Häkkinen 1999a, 59–60; Häkkinen 1999b, 61–62.) On havaittu, että henkilöillä, joilla on suhteellisesti enemmän nopeita lihassoluja, lihasten poikkipinta-ala kasvaa enemmän harjoittelun myötä (Häkkinen 1999b, 61–62).

Riittävän pitkien harjoitusvälien merkitys korostuu, jotta keho voi valmistautua seuraavaan harjoituskertaan. Ikäihmisillä on hitaampi palautumiskyky, joka saattaa vaikuttaa henkilön kykyyn ylläpitää intensiivistä harjoittelutahtia. Jos palautumisaika ei ole riittävän pitkä, lihaksen ja veren maitohappopitoisuudet kohoavat ja lihas happamoituu. Sen seurauksena nopeiden motoristen yksiköiden toiminta heikkenee ja suorituksen teho laskee. (Korhonen 2008, 134; Misikangas 1999.)

Syy lihasvoiman kasvuun uskotaan olevan hermostollisessa adaptaatiossa, mutta tarkkaa mekanismia ei tunneta (Häkkinen 1999a, 59). Lihasaktivaatio tapahtuu agonisteissa eli vaikuttajalihaksissa, synergisteissä ja antagonisteissa eli vastavaikuttajalihaksissa. Antagonistin koaktivaation ollessa sopiva, nivelen stabiliteetti liikkuessa lisääntyy ja liikkeiden suunnan muuttuessa nivelrakenteet saavat suojaa. Liiallinen antagonistien koaktivaatio kuitenkin ehkäisee oikeita liikemalleja ja vähentää voimantuottoa. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 127–128.) M. Quadriceps femoriksen räjähtävä voima heikentyy nopeammin kuin isometrinen voima, erityisesti kuudennen vuosikymmenen jälkeen. Eksentrisen lihasvoima heikentyy ikääntymisen myötä vähemmän kuin konsentrisen ja isometrinen lihasvoima. (Häkkinen 1999b, 61; Skelton ym. 2002, 121, 123.)

Lihasvoimaharjoittelun tiedetään parantavan lihasaktivaation määrää ja laatua:

- agonisti-lihasten aktivointi lisääntyy ja/tai
- antagonisti- lihasten aktivoituminen samanaikaisesti agonistien kanssa vähenee ja/tai
- synergistien parantunut/kehittynyt koaktivaatio.

Lihaskäytön nousu johtuneen aktivoituneiden lihassolujen määrän noususta ja/tai motoristen yksiköiden nopeammasta syttymisestä tai näiden yhdistelmästä. Ikääntyessä antagonistien yhdenaikainen aktivoituminen agonistien kanssa, etenkin maksimaalisen ja räjähtävän voiman- harjoittelussa, kasvaa. Sen vuoksi voimaharjoittelulla saavutettava hyöty korostuu ikääntyvillä. (Häkkinen 1999a, 59.)

Skeltonin, Kennedyn ja Rutherfordin tutkimuksessa (n=35) verrattiin noin 65-vuotiaita naisia, joilla oli aikaisempia kaatumistapaturmia (ryhmä 1) samanikäisiin naisiin, joilla ei ollut aikaisempia kaatumistapaturmia (ryhmä 2). Tutkimuksessa todettiin, että ryhmän 1 naisilla alaraajojen lihasvoiman asymmetria (toinen alaraaja heikompi kuin toinen) oli selkeämpi, sekä heikoin voimantuotto tulos heikompi kuin ryhmän 2 naisilla. Heikomman alaraajan voimantuotto oli ryhmän 1 naisilla 1,3-kertainen painoon verrattuna. Esimerkiksi päästäkseen 30 cm:n korkuiselle korokkeelle henkilön täytyy tuottaa voimaa minimissään 1,5-kertaisesti painoonsa verrattuna. (Skelton ym. 2002, 121, 123.)

Veteraaniurheilijoilla tehdyn tutkimuksen mukaan optimaalisella harjoittelulla voidaan vaikuttaa muun muassa nopeisiin motorisiin yksiköihin ja hidastaa nopeussuorituskyvyn heikkenemistä. Tutkimuksessa todettiin myös, että liikumisnopeuden harjoitettavuuden säilyminen voi pysyä samana jopa 60. ikävuoteen asti. (Korhonen 2008, 134.)

Pansarasan ja muiden mukaan vuonna 2000 miehille tehdyssä Trappen tutkimuksessa (n=45) havaittiin, että progressiivinen voimaharjoittelu parantaa maksimaalista isometristä voimaa, lihaksen supistumisnopeutta sekä voimanopeus-käyrää m.vastus lateraalisessa I ja II- tyyppin lihassoluissa. (Pansarasa ym. 2002, 1073.) Tutkimusten mukaan tehokkaan nopeusvoimaharjoittelun edellytyksenä on hyvä perusvoimataso (Misikangas 1997).

3.1.2 Pikavoima ja räjähtävä voima

Nopeusvoima jaetaan pikavoima- ja räjähtävän voiman harjoitteluun. Kyseisissä harjoittelumuodoissa lihasten ja lihasryhmien on toimittava järjestelmällisesti ja oikea aikaisesti (Misikangas 1997).

Pikavoiman tavoitteena on kehittää lihasten ATP (adenosiinitrifosfaattien)- ja kreatiinifosfaattien määrää. Pikavoimasuoritus on syklinen eli säännöllisesti toistuva ja siinä käytetään hyväksi aikakomponenttia. Pikavoimaharjoittelussa käytetään suhteellisen suuria nivelkulmia ja yleisenä aikarajana käytetään 8–10 sekuntia. Harjoittelussa perusajatuksena on suorituksen jatkuvuus ilman toistojen välistä palautumisaikaa. Kuormitus on 40–70 % maksimista ja toistojen ja sarjojen määrä 4–8. Palautusaika on suhteellisen pitkä, 2–4 minuuttia. (Misikangas 1997.)

Räjähtävä voima tarkoittaa voiman ja nopeuden tuotetta, joka tuotetaan liikkeen ensimmäisen 0,3 sekunnin aikana (Skelton, Kennedy, & Rutherford 2002, 120). Räjähtävän voiman tavoitteena on hermotuksen lisääminen. On todettu, että räjähtävä voima on enemmän hermostollista, kuin lihastason harjoittelua (Häkkinen 1999a, 59). Jokainen liike suoritetaan erikseen eli suoritus on asyklinen. Räjähtävässä voimassa lihaksen täytyy supistua submaksimaalisesti erittäin lyhyessä ajassa ja hyödyntää lihaksen eksentristä työvaihetta. Eksentrisen työvaiheen aikana muodostuu elastista energiaa, jota hyödynnetään itse suorituksen aikana. (Misikangas 1997.)

Räjähtävän voiman heikentymisen vaikutus tulee esiin vasta myöhemmin päivittäisissä toiminnoissa, varsinkin naisilla (Young 1997, 1839). Ikääntyvien voimaharjoittelun tulisi sisältää myös räjähtävän voiman harjoittelua, jotta nopeiden lihassolujen väheneminen saataisiin minimoitua. Niiden väheneminen saattaa vaihdella iän, fyysisen kunnon ja harjoittelun myötä (Häkkinen 1999b, 61–62.) Räjähtävää voimaa harjoiteltaessa käytetään yleisesti kontrastiharjoittelua, jossa sarjojen väliin on sijoitettu kevyempiä osuuksia, kuten pyrähdyksiä ja hyppyjä. Kontrastiharjoittelussa lihakset ja hermosto saavat paljon erilaisia ärsykyksiä lyhyen ajan sisällä. Kuorma on pikavoimaa suurempi, 50–80 %

maksimista. Toistojen määrä on alhainen, 1–5. Palautus on sama kuin pika-voimassa, 2–4 minuuttia. (Misikangas 1999.)

3.2 Tasapainoharjoittelu

Tasapainoharjoitteiden tulisi kohdistua haluttuihin tasapainon säätelyjärjestelmiin, jotta harjoitusvaikutukset saataisiin kohdistettua tasapainon säätelyyn osallistuviin elinjärjestelmiin. Positiivisia tuloksia on saatu harjoitusohjelmilla, joissa on yhdistetty lihasvoima- ja tasapainoharjoitteita. (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 142.) Näihin motorisiin harjoitteisiin kuuluu nilkkojen liikkuvuus- ja voimaharjoitteet, lantiota tukevien lihasten vahvistaminen sekä vartalon hallinta pään liikkeiden aikana. Moni ikäihminen kertoo pään suunnan muutosten vaihtelun lisäävän huimausta ja lähtevänsä kaatumaan katseen suuntaan. (Pitkänen 2006/2007, 40.) Sisäkorvan tasapainoelimen degeneratiiviset muutokset ikääntyessä voivat olla osa syynä huimauksen tuntemukseen ja tasapainohäiriöön (Ojala 2007).

Tasapainoharjoittelun tulisi olla monipuolista sisältäen sekä staattisen ja dynaamisen tasapainoharjoitteita, kuten eri alkuasentojen ylläpitoa, painonsiirtoja, liikkumisia eri suuntiin ja reagoimista ulkoiseen horjutukseen. Vaikeusastetta voidaan lisätä rajoittamalla yhden tai kahden aistikanavan käyttöä ns. *aistiharjoittelulla* (esimerkiksi silmien sulkeminen tai pehmeän alustan käyttö jalkaterien alla) (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 143). Tasapainoelimen toimintaa voidaan harjaannuttaa ja korostaa häiritsemällä sekä tunto- ja/tai näköpaltteen saantia (Pitkänen 2006/2007, 39). Meansin (1996) mukaan tasapainoharjoittelussa tulisi jäljitellä arkielämän tilanteita luomalla tasapainoiluratoja esteineen. Erilaisilla alustan vaihteluilla saadaan aikaan vaihtelevia sensorisia ärsykeitä ja harjoitetaan henkilöä hyödyntämään korjausliikkeitä estääkseen tasapainon hallinnan menettämisen. Käyttämällä portaita ja ylitettäviä esteitä henkilö joutuu käyttämään visuaalista ja kineettistä palautetta arvioidakseen muun muassa portaiden reunojen etäisyydet toisistaan. Henkilö joutuu myös kompensoimaan kehonsa massan keskipisteen paikkaa. (Means 1996.)

Tahdonalaisten liikkeiden merkitys korostuu, mitä vaativimmasta tasapainoharjoitteesta on kyse. Epätasaisella alustalla seisominen onnistuu nilkoista myötäilemällä. Lantion alueen ja vartalon lihasvoima tarvitaan muuan muassa tukipinta-alan pienentyessä ja seisoma-asentoa myötäilläään lonkasta. Polvia koukistamalla, tukipinta-alaa laajentamalla ja viemällä painopistettä eteen, pystytään seisoma-asentoa hallitsemaan paremmin. Ikääntyville on myös ominaista askelten ottaminen, sekä tukeen tarttuminen tasapainon horjuessa. Pelon tunteen välttäminen ja psyykkisen varmuuden harjoittaminen on myös hyvä liittää tasapainoharjoitteisiin. (Pitkänen 2006/2007, 36.)

Tutkimuksissa on havaittu tasapainon hallinnassa sukupuolten välisiä eroja, jotka korostuvat ikävuosien lisääntyessä (Era ym 2006). Nagyn ja muiden (2007) tutkimuksen (n=19) mukaan ikääntyvien 8-viikon tasapainoharjoittelulla on positiivinen vaikutus sivusuuntaiseen huojuuntaan, mikä saattaa indikoida parempaa tasapainon hallintaa (Nagy, Feher-Kiss, Barnai, Domján- Preszner, Angyan & Horvath 2007, 97–98).

Viime aikoina ikääntyvien tasapainoharjoittelussa on otettu käyttöön erilaisia mittaus- ja harjoittelulaitteita, jotka mahdollistavat visuaalisen palautteen saamisen. Yhtenä esimerkkinä mittauslaitteen käytöstä on Good Balance -voimalevypohjainen tasapainolaite, jossa tasapainopeliä pelaamalla lasketaan kuinka monta laatikkoa henkilö pystyy saamaan 60 sekunnin aikana. Idea perustuu tasapainon muutoksiin ja näköhavainnon hyväksikäyttöön. Laite antaa informaatiota henkilön painopisteen muutoksista ja välittömän palautteen suorituksesta. (Metitur Oy Good Balance –käyttöohje 2005.)

Tasapainon hallinnan kehittymistä on perusteltu aistikanavien tuottaman tiedon käsittelyn tehostumisella sekä sopivien motoristen vasteiden tuottamisen helpottumisella. Ikäihmisiä tulisi rohkaista tasapainoharjoitteluun jo ennen huomattavia tasapaino-ongelmia. (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 142.)

4 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyö päätavoitteena on syventyä alaraajojen nopeusvoimaharjoittelun toteutukseen ja vaikutuksiin sekä tutustua mittausmenetelmiin. Tarkoituksena on selvittää, onko nopeusvoimaharjoittelulla vaikutusta ikääntyvien voimantuotto-ominaisuuksiin, tasapainoon ja reaktionopeuteen. Osatavoitteenamme on ohjatun harjoittelun yksilöllisyys, jotta saavutettaisiin mahdollisimman turvallinen ja tehokas harjoittelumuoto.

Opinnäytetyön tutkimusongelmat ovat:

1. Vaikuttaako alaraajojen nopeusvoima-, tasapaino- ja reaktioharjoittelu ikääntyvien voimantuottoon?
 - a. Alaraajojen isometrinen ojennusvoima
 - b. Nilkan plantaarifleksio
 - c. Alaraajojen maksimivoima
2. Vaikuttaako alaraajojen nopeusvoima-, tasapaino- ja reaktioharjoittelu ikääntyvien tasapainoon?
 - a. Staattinen tasapaino (voimalevyanturi)
 - b. Dynaaminen tasapaino (Bergin tasapainotesti ja tuolilta ylösnousu 5x)
 - c. Toiminnallinen tasapaino (10metrin kävelytesti)
3. Vaikuttaako alaraajojen nopeusvoima-, tasapaino- ja reaktioharjoittelu ikääntyvien reaktionopeuteen (reaktiivisuustesti)?
4. Miten nopeusvoimaharjoittelu soveltuu ikääntyville?

5 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS JA MENETELMÄT

Tutkimuksen kohderyhmä koostui kuudesta (n=6) JAMK:n Hyvinvointipalvelutoiminnan oppimiskeskus HYVIpisteen ikääntyvien miesten kuntosaliryhmäläisistä. Kohderyhmä harjoitteli 8–9 viikon ajan. Alkumittaukset suoritettiin viikolla 2 ja loppumittaukset viikolla 10 ja 11. (Ks. kuvio 3). Ryhmä kokoontui kerran

viikossa 1,5 tunnin ajan, lisäksi he saivat kotiharjoitteet. Kotiharjoitteet osa 1 sisälsi staattisen tasapainon ja lihasvoiman harjoitteita (Ks. liite 1). Kotiharjoitteet osa 2 sisälsi dynaamisen tasapainon sekä toiminnallisia lihasvoimaharjoitteita. Ryhmäläisten muuta fyysistä aktiivisuutta seurattiin fyysisen aktiivisuuden seurantalomakkeella (Ks. liite 2).

Esittelykirje laadittiin ja opinnäytetyön idea esitettiin ryhmäläisille 11.12.2008. Ryhmäläisiä pyydettiin täyttämään esitietolomakkeet, joiden avulla terveydentila kartoitettiin. Ryhmää varten haettiin JAMK:n Hyvinvointipalvelutoiminnan oppimiskeskus, HYVI-pisteen oma tutkimuslupa. Ryhmäläiset allekirjoittivat tutkimussuostumuksen, jossa he suostuivat harjoittelemaan omalla vastuulla. Yksi ryhmäläinen allekirjoitti lisäksi henkilökohtaisen luvan koskien korkeaa verenpainetta. Harjoitusjakson lopussa ryhmäläisille laadittiin kirjallinen palautekysely, jonka avulla selvitettiin ohjatun kuntosaliharjoittelun hyödyllisyyttä asiakkaan näkökulmasta.

Vuosi 2009

Mittaukset

viikko 2	—	Alkumittaukset
viikko 3	—	10 metrin kävelymittaus
viikko 4	—	Reaktiivisuustesti ja jalkaprässimittaus
viikko 5-9	—	Kuntosaliharjoittelua
viikko 10	—	Loppumittaukset
viikko 11	—	Loppumittaukset

KUVIO 3. Aikajana

5.1 Tutkimusjoukon kuvaus

Kaikki ryhmäläiset olivat käyneet Hyvinvointipalvelutoiminnan oppimiskeskus, HYVIpisteen ikääntyvien kuntosaliryhmässä aikaisemmin vähintään puoli vuotta. Henkilöiden (n=6) ikä on $64,5 \pm$ sd.

H1: 72-vuotias mies, jolla on ajoittain selkäkipua sekä selän aamujäykkyyttä ja selän väsymisen tunnetta. Henkilöllä ilmenee joskus vasemman polven särkyä. Asiakas arvioinut kivun VAS-janalla 1,5cm (0–10cm). Aiemmin sairastetun iskiaksen seurauksena oikean alaraajan hermotus on puutteellinen, jonka seurauksena henkilöllä on vaikeuksia oikean nilkan plantaarfleksiossa. Nuoruudessa ja aikuisiässä henkilö on harrastanut pääasiassa kestävyysliikuntaa, kuten koripalloa, suunnistusta ja hiihtoa.

H2: 65-vuotias mies, jolla on ajoittain selkäkipua, selän aamujäykkyyttä ja selän väsymisen tunnetta. Asiakas on arvioinut kivun VAS-janalla 4cm (0–10cm). Henkilöllä näköoireita, kaihileikkaus tehty oikeaan silmään. Henkilö on satuttanut pakarän katolta putoamisen takia. Henkilö on nuoruusiässä harrastanut pallopelejä(pesäpallo) ja aikuisiässä hyötyliikuntaa.

H3: 62-vuotias mies, joka on noin 6 vuotta sitten sairastanut iskiaksen. Henkilöllä verenpainetauti, johon on säännöllinen lääkitys. Henkilö allekirjoitti erikseen luvan koskien korkeaa verenpainetta. Henkilöllä ei tällä hetkellä kipua. Asiakas on arvioinut kivun VAS-janalla 0cm (0–10cm). Henkilö on harrastanut nuoruus- ja aikuisiässä nopeuslajeja ja pallopelejä, kuten pikajuoksua, pituushyppyä ja pesäpalloa.

H4: 67-vuotias mies, jolla on ajoittain yläraajojen puutumista. Henkilöllä ei tällä hetkellä kipua. Asiakas on arvioinut kivun VAS-janalla 0cm (0–10cm). Henkilö on harrastanut nuoruus- ja aikuisiässä pääasiassa kestävyysliikuntaa.

H5: 56-vuotias mies, jolle on tehty sydämensiirto 2000-luvulla. Henkilöllä on osteoporoosi, johon hänellä on säännöllinen lääkitys. Muuten kuvaa itsensä terveeksi. Henkilöllä ei tällä hetkellä kipua. Asiakas arvioinut kivun VAS-janalla

0cm (0–10cm).). Henkilö on harrastanut nuoruudessa pikajuoksua ja pituushyppyä sekä aikuisiässä yleistä kuntoliikuntaa.

H6: Kyseessä on 65-vuotias mies, jolla on selkäkipuja ja selän aamujäykkyyttä. Asiakas arvioinut kivun VAS-janalla 2cm (0–10cm).). Henkilö on harrastanut koko ikänsä lähinnä hyötyliikuntaa ja satunnaisemmin kestävyysliikuntaa.

Alkumittauksissa ryhmäläisten subjektiivisesti arvioidun kivun keskiarvo oli VAS- janalla 1,3 cm (0–10cm). Loppumittauksissa ryhmäläisten subjektiivisesti arvioidun kivun keskiarvo oli VAS-janalla 0,94 cm (0–10 cm). (Ks. taulukko 1).

TAULUKKO 1. Kivun arviointi yksilöllisesti

Kivun arviointi VAS-janalla (0–10cm)		
Henkilö	Alku	Loppu
H1	1,5 cm	
H2	4,0 cm	3,7 cm
H3	0 cm	0 cm
H4	0 cm	0 cm
H5	0 cm	0,1 cm
H6	2,0 cm	0,9 cm

5.2 Fyysisen aktiivisuuden seurantalomake

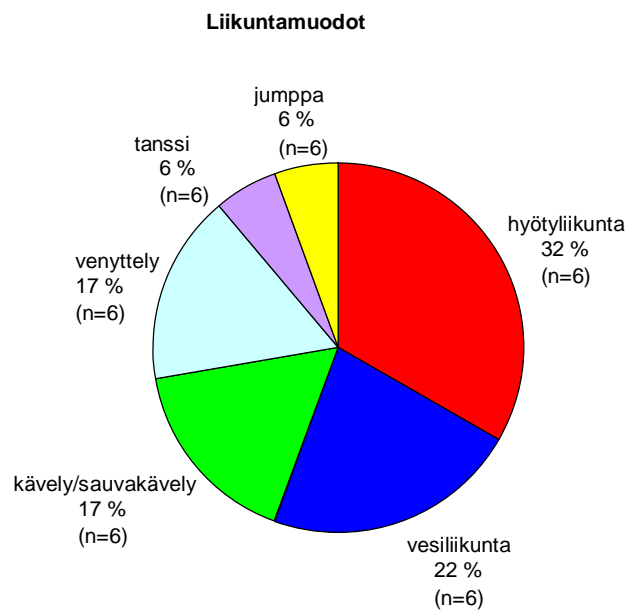
Ryhmäläisten fyysisen aktiivisuuden kartoitus on merkittävää, koska ryhmäkertojen ulkopuolinen aktiivisuus saattaa vaikuttaa testituloksiin. Fyysisellä aktiivisuudella on osoitettu olevan vaikutusta muun muassa henkilön havaintomotoriseen nopeuteen ja tasapainotesteissä suoriutumiseen. (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 152; Era 1997, 51–53.) Tässä yhteydessä fyysisellä aktiivisuudella tarkoitetaan kaikkea liikettä ja liikkumista, jossa energian kulutus on lepotilaa suurempaa (Hirvensalo 2008, 59).

Ryhmäläisten keskimääräinen fyysinen aktiivisuus viikossa (ka.h/vko) (Ks. taulukko 2) vaihteli yksilöittäin, mutta liikuntamuodot olivat yhtenäiset.

TAULUKKO 2. Ryhmäläisten fyysinen aktiivisuus

Fyysinen aktiivisuus	
	ka. h/vko
H1	3h 30min
H2	15h 5min
H3	3h 53min
H4	8h 30min
H5	4h 30min
H6	7h 49min

Seuraavassa ympyrässä on esitelty liikuntamuodot, jotka ryhmäläiset ilmoittivat harjoituspäiväkirjoissaan. Ympyrässä tulee myös ilmi, kuinka moni ryhmäläisistä harrasti kyseistä liikuntamuotoa (Ks. kuvio 4). Hyötyliikunnalla tarkoitetaan muun muassa pihatöitä, koiran ulkoiluttaminen ja kaupassa käyntiä kävellen tai pyörällä.



KUVIO 4. Liikuntamuodot

5.3 Mittaukset

Alkumittaukset koostuivat kolmesta osa-alueesta: alaraajojen voimantuotto, tasapaino ja reaktionopeus. Ennen mittauksia tutkimusjoukolta mitattiin verenpaine, paino ja pituus. Verenpaineen mittaus istuen suoritettiin kahteen kertaan vasemmasta olkavarresta Omron M4-I -mittarilla (mittarinumero 2). Paino ja pituus määriteltiin ilman kenkiä.

5.3.1 Alaraajojen isometrinen ojennusvoima

Ennen lihasvoiman mittausten alkua suoritettiin viiden minuutin ohjattu alku-lämmittely. Ensimmäisenä lihasvoimamittauksena suoritettiin isometrinen alaraajojen ojennusvoimamittaus voimadynamometrillä Åstrandin laboratoriossa. Alaraajojen isometrinen ojennusvoima suoritettiin 110° ja 130° polvikulmilla (Ks. kuvio 5), koska lihaksen sarkomeerien keskipituuksilla voimantuotto on korkeimmillaan (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 129). Polvikulma mitattiin goniometrillä seuraavien maamerkkien avulla: trochanter major, epicondylus lateralis ja malleolis lateralis. Lisäksi suoritettiin nilkan plantaarifleksio (Ks. kuvio 6). Nilkan plantaarifleksiossa jalkaterien asento vakioitiin: kengän kärki 12cm:n etäisyydellä levyn alareunasta. Nilkan plantaarifleksiossa polvikulma oli 180°. Suorituksissa tutkimushenkilön selkä oli kiinni selkänojassa. Kussakin asennossa oli 3 suoritusta peräkkäin ja jokaisen suorituksen välissä oli 30 s:n lepoaika. Palautumisaika eri asentojen välillä oli 3 minuuttia. Ohjeistus oli kaikille yhteneväinen. Testaajista toinen toimi ohjeistajana ja varmisti testin aikana oikean suoritustekniikan sekä jalkaterien asennon. Toinen testaajista antoi aloitusäänimerkin sekä 10 sekunnin kohdalla väliaikamerkin. Kaikkia kannustettiin testin aikana.

Alaraajojen isometrisen voimadynamometrin tuloksien analysoinnissa on käytetty käyrää, jossa lihasten rekrytointinopeus on ollut suurin. Rekrytointinopeus välillä 0–30 % tarkoittaa sitä, kuinka nopeasti liikkeen aloituksesta lihasso-lut rekrytoituu tuottaakseen 30 %:n voimatason maksimista. Rekrytointinopeus

välillä 30–60 % max tarkoittaa keskiosan rekrytointinopeutta eli miten nopeasti liikkeen 30 %:n voimatasosta lihassolut rekrytoituvat tuottaakseen 60 %:n voimatason maksimista. Rekrytointinopeus välillä 60–90 % maksimista tarkoittaa nopeutta, jolla lihassolut rekrytoituu 60 %:n voimatasosta 90 %:n voimatasoon maksimista. Yleensä parhaat nopeudet saavutetaan 0–60 %:n välillä. (Newtest Force käyttöohje 1998, 24- 25.)



KUVIO 5. 130-asteen polvikulma



KUVIO 6. Plantaarifleksio

5.3.2 Alaraajojen maksimivoima

Alaraajojen maksimitoistovoima määritettiin polven ekstensiossa ja fleksiossa, lonkan ekstensiossa ja abduktiossa. Alaraajojen maksimitoistomittauksissa pyritään yleensä määrittelemään 1RM (repetition maximum) eli suorittaa yksi toisto mahdollisimman suurella ulkoisella kuormalla täydellä liikelaajuudella (Portegijs 2008, 14). Tehdäksemme mittauksista mahdollisimman turvallista, haimme noin 3–5 RM:n tuloksia. Vuoden 2008 Hyvipisteellä ikääntyvien kuntosalitestauksesta saadut tulokset auttoivat painojen määrittämisessä. Palautumisaika eri liikkeiden välillä oli 3 minuuttia. Laitteiden säädöt kirjattiin ylös. Ainoastaan täyden liikeradan suoritukset huomioitiin. Jalkaprässissä määritettiin 100° polvikulma jokaiselle, jalkaterien asento vakioitiin 10cm:n etäisyydelle (kenkien kärki) levyn alareunasta. Jalkaprässissä käytettiin aikakomponenttia. Tutkimushenkilöt suorittivat 4, 6 ja 8 toistoa mahdollisimman nopeasti. Kunkin sarjan välillä oli 30 sekunnin palautus. Aika otettiin sekuntikellolla sadasosa sekunnin tarkkuudella. H1-henkilö suoritti mittauksen 73 kg:lla ja muut 107 kg:lla (koko painopakka käytössä). Jalkaprässi- mittaus suoritettiin kaikille 22.1.2009 (vk 4).

5.3.3 Staattinen tasapaino

Tasapaino mitattiin Metitur Oy:n Good Balance (IGB01) kolmion muotoisella voimalevyllä, jolla suoritettiin kolmea perusmittausta: normaali seisominen silmät auki, normaali seisominen silmät kiinni ja tandem-seisonta (oik./vas. jalka takana). Normaaleissa seisoma-asennoissa jalkaterien asento vakioitiin 15 cm:n leveydelle mitattuna kantapäiden mediaalisista reunoista. Mittauslaitteen nollatasot määriteltiin. Tutkimushenkilöä pyydettiin kohdistamaan katseensa seinässä olevaan rastiin, joka määriteltiin tutkimushenkilön silmien korkeudelle. Silmät kiinni -mittauksessa aika lähti käyntiin tutkimushenkilön suljettua silmänsä. Tandem-seisonnassa tutkimushenkilön takimmaisen alaraajan varpaat koskettivat etummaisen alaraajan kantapäätä (Ks. kuvio 7). Mittauksen alussa oli 10 sekunnin valmistautumisaika. Toinen mittaaajista seisoi tutkimushenkilön takana turvallisuussyistä. Mittaus keskeytettiin, jos tutki-

mushenkilö menetti tasapainon tai kosketti käsillään tukikahvuihin ja mittaus-
tulosta ei hyväksytty.



KUVIO 7. Tandem- seisonta

5.3.4 Dynaaminen tasapaino

Toisena tasapaino mittauksista oli Berg Balance Scale (BBS) -testistöä. Testistö suoritettiin kaikille testihenkilöille samassa tilassa, ilman kenkiä ja yhtenevillä testiohjeistuksilla. Mittauksessa vakioitiin jalkaterien asento 15 cm:n leveydelle. Toinen mittaaajista varmisti turvallisuuden ja toinen toimi ajanottajana. Mittauksissa käytetyn käsinojattoman tuolin korkeus oli 44 cm. Eteen kurkotusosiossa tulos kirjattiin 5 cm:n tarkkuudella seinässä olevan mitta-asteikon mukaan. Askellus penkille -osiossa penkin korkeus oli 30 cm. Tandem-seisonnann tulokset hyödynnettiin Good Balance -mittauksista, jossa tutkimushenkilöt seisoivat tandem-asennossa 30 s:n ajan (maksimiaika BBS). Lisäksi mitattiin tuolilta ylösnousu-mittaus, jossa tutkimushenkilö nousi 5 kertaa 44 cm:n korkuiselta käsinojattomalla tuolilla.

5.3.5 Toiminnallinen tasapaino ja reaktionopeus

Teknisten ongelmien vuoksi 10 metrin kävelymittaus suoritettiin 15.1.2009(vk 3) ja reaktiivisuustesti 22.1.2009(vk 4) liikuntasalissa. Kävelymittauksessa mitattiin normaali ja maksimaalinen kävelynopeus valokennoilla, joilla aika saatiin millisekuntien (ms) tarkkuudella. Ohjeistukset olivat kaikille yhtenevät. Toinen mittaajista käveli tutkimushenkilön takana turvallisuuden varmistamiseksi.

Reaktiivisuustesti suoritettiin 10 metrin kävelymittauksen jälkeen. Toinen mittaajista ohjeisti tutkimushenkilön ja toinen hoiti teknisen puolen. Reaktiivisuustesti suoritettiin NewTest-kontaktimaton. Testissä ponnistettiin päkiöillä 6 kertaa mahdollisimman korkealle ja nopeasti, polvet suorina (Ks. kuvio 8). Tutkimushenkilöt saivat kokeilla hyppytekniikkaa kerran ennen varsinaista mittauskierrosta. Tutkimushenkilöt ohjattiin hyppäämään kontaktimaton keskellä. Kontaktimaton ympärille laitettiin pehmeitä mattoja turvallisuuden huomioimiseksi. Hyppyssä kädet saivat olla vapaasti vartalon sivulla mukaillen hyppyä.



KUVIO 8. Reaktionopeuden mittaus: reaktiivisuustesti

6 HARJOITTELUN TOTEUTUS

Harjoitteiden suunnittelussa ja toteutuksessa pyrittiin huomioimaan nykyinen terveydentila ja lääkitys. Alkulämmittely oli joka kerralla riittävän pitkä ryhmäläisten loukkaantumisriskin minimoimiseksi ja kehon valmistamiseksi nopeusvoimaharjoitteluun. Jokaisen ryhmäkerran runko oli samankaltainen. Ensimmäinen puoli tuntia sisälsi alkulämmittelyn ja tasapaino- ja reaktioharjoitteet liikuntasalissa, jonka jälkeen kuntosalilla oli tunnin nopeusvoimaharjoittelu. Keskivartaloharjoitteita oli pääasiassa tasapainoharjoitteiden yhteydessä. (Ks. liite 3)

Tasapainoharjoitteet vaihtelivat seuraavasti:

- 1. ja 2. ryhmäkerta: Staattinen tasapaino (esimerkiksi yhdellä jalalla seisominen)
- 3. ja 4. ryhmäkerta: Dynaaminen tasapaino (esimerkiksi pedalolla polkeminen)
- 5. ja 6. ryhmäkerta: Toiminnallinen tasapaino (esimerkiksi dynairin päällä seisominen ja hauiskääntö käsipainoilla)
- 7. ja 8. ryhmäkerta: Tasapaino- ja reaktiorata (esimerkiksi ylitettäviä esteitä)

Tasapaino- ja reaktioharjoitteet suoritettiin ennen kuntosaliharjoittelua, koska ryhmäläiset eivät olleet vielä väsyneitä harjoittelusta. Joillakin kerroilla reaktioharjoitteet sisältyivät alkulämmittelyyn ja joillakin harjoitteet olivat puolestaan omana osionaan. Alkulämmittelyssä oli erilaisia pallopelejä, koska ne kehittävät tasapainoa, koordinaatiokykyä ja reaktio- ja liikenopeutta sekä sosiaalisia vuorovaikutustaitoja (Ruuskanen 1997,156).

6.1 Kuntosaliharjoittelu

Kuntosaliharjoitteita oli vain muutama (6 kpl), jotta välttyttiin kiireeltä ja epäpuhtailta suorituksilta. Ryhmäläisille ohjattiin oikea suoritustekniikka ja puututtiin havaittuihin epäkohtiin välittömästi. Staattisia voimaharjoitteita vältettiin verenpaineongelmien vuoksi. Palautumisajat pidettiin suhteellisen pitkinä (sarjojen välillä 2 min., harjoitteiden välillä 4 min.) noudattaen nopeusvoimaharjoittelun periaatetta.

Nopeusvoimaharjoitteissa ensimmäiset neljä kertaa olivat pikavoimaharjoittelua ja jälkimmäiset neljä kertaa räjähtävän voiman harjoittelua (Ks. taulukko 3). Vastusta lisättiin joka viikolle 10 prosenttia. Näin ollen pikavoiman vastukset olivat 40–70 % arvioidusta maksimivoimasta ja räjähtävässä voimassa 50–80 % maksimivoimasta. Pikavoimaharjoittelussa toistoja tehtiin mahdollisimman monta 8 sekunnin aikana. Vain puhtaat ja täydellä liikeradalla suoritettut toistot laskettiin. Ensimmäisellä harjoituskerralla jokainen suoritti vuorollaan polven ojennuksen ja koukistuksen pikavoimaperiaatteella, muiden havainnoidessa suoritustekniikkaa visuaalisen esimerkin kautta.

TAULUKKO 3. Nopeusvoimaharjoittelu

Vastus % max.	Toistot/sarja (keskiarvo)
40	6
50	7
60	8
70	7

Pikavoiman vastuksen nousu suhteessa toistojen määrään (keskiarvo)

Vastus % max.	Toistot/sarja
50	5
60	4
70	3
80	2

Räjähtävän voiman harjoittelun vastuksen nousu suhteessa toistojen määrään(keskiarvo)

Jos ryhmäläinen oli poissa, seuraavan kerran vastus määräytyi poissaolokeran mukaan. Harjoituskerrat 19.2. ja 5.3. toteutettiin kontrastiharjoitteluna, jolla pyrittiin saamaan lihaksistolle ja hermostolle erilaisia ärsykeitä lyhyessä ajassa. Kontrastiharjoittelussa käytetyt hyppyt ja pyrähdykset suoritettiin välittömästi harjoitteen jälkeen palautumisajan alussa. Jokaisessa harjoitteessa suoritettiin neljä sarjaa. Harjoitteissa, joissa suoritettiin sarjat oikea ja vasen alaraaja erikseen, suoritettiin kaksi sarjaa per alaraaja. Sarjojen välinen palautus oli 2 minuuttia ja harjoitteiden välinen palautus 3–4 minuuttia.

Nopeusvoimaharjoittelussa käytettiin eri valmistajien kuntosalilaitteita. Polven ekstensiossa käytettiin TechnoGymin laitetta, jossa vastusta sai säädettyä 2,5 kg:n välein. Polven fleksio, lonkan ekstensio ja jalkaprässi suoritettiin Star Tracin laitteilla, joissa vastukset nousivat epätasaisesti esimerkiksi polven fleksiossa vastukset olivat 7- 9- 11-16-20-25-32-39-45-52-59-66-73-79-86. Lonkan abduktio suoritettiin alapulleylla seisten (toiminnallinen harjoite). Kuitenkin lonkan abduktio-mittaus suoritettiin laitteessa istuen, jotta saatiin mahdollisimman puhdas suoritus.

Kyseiset harjoitteet valittiin, koska niissä toimivat lihakset ovat tasapainoa ylläpitäviä ja korjaavia lihaksia, sekä toimivat jokapäiväisissä toiminnoissa (Ks. taulukko 4).

TAULUKKO 4. Harjoitteet ja niissä toimivat lihakset.

LIHAS	TOIMINTA	HARJOITTEET
M. gluteus maximus	Lonkan ekstensio ja lateraalirotaatio	Jalkakyykky vapailla painoilla, lonkan ekstensio laitteessa polvi fleksiossa (huom. polven ollessa 90 asteen kulmassa, varmistetaan m. gluteus maximuksen aktivoituminen)
M. gluteus medius M. gluteus minimus*	Lonkan abduktio ja mediaalirotaatio	Jalkakyykky vapailla painoilla, *lonkan abduktio taljassa
M. quadriceps femoris	Polven ekstensio. M. rectus femoris yksin toimiessaan fleksoi lonkkaniveltä.	Jalkakyykky vapailla painoilla, polven ekstensio laitteessa
M. biceps femoris M. semitendinosus ja M. semimembranosus	Polven fleksio ja lonkan ekstensio	Jalkakyykky vapailla painoilla, (lonkan ekstensio laitteessa polvi fleksiossa), polven fleksio laitteessa, istuen polven fleksio laitteessa, istuen
M. adductor longus, brevis ja magnus	Lonkan adduktio, fleksio ja lateraalirotaatio, lisäksi adductor magnuksen lateraalinen osa fleksoi lonkkaniveltä ja posteriorinen osa ekstensoi lonkkaniveltä.	Jalkakyykky vapailla painoilla (harjoitteessa avustavat sekundaariset lihakset)
M. gastrocnemius	nilkan plantaarifleksio ja polven fleksio	Plantaarifleksio painojen kanssa tai ilman, polven fleksio laitteessa, istuen (lateraalinen ja mediaalinen)
M. soleus	nilkan plantaarifleksio	Plantaarifleksio painojen kanssa tai ilman polvinivelen ollessa hieman fleksoituneena

(Delavier 2006, 96, 102, 105, 110, 120, 123, 127; Tortora & Derrickson 2006, 384, 389, 392.)

Hyvää huomenta -harjoite: m. gluteus maximus, selän ekstensorit. Tämän harjoitteen eksentrisen vaihe eli jarrutusvaihe venyttää polven fleksoreita. Polven fleksorit osallistuvat polven fleksion lisäksi lantion ja vartalon ekstensioon. (Delavier 2006, 107.)

7 TULOKSET

7.1 Alaraajojen isometrinen ojennusvoima

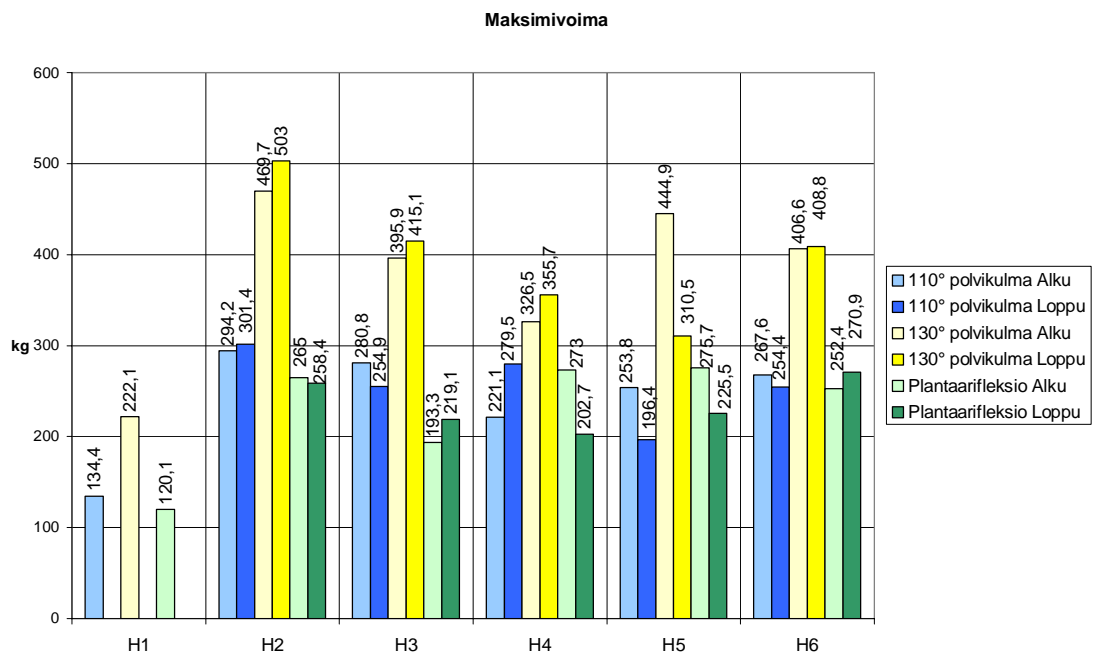
Isometrisen voimadynamometrin tulokset on analysoitu käyrästä, jossa on ollut paras maksimaalisen voiman rekrytointinopeus. Suurimmassa osassa kuvaajista kyseinen käyrä on ollut maksimivoimaltaankin paras, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Jos maksimivoima on ollut toisessa käyrässä parempi, maksimivoiman tulos on otettu siitä käyrästä, mutta muut tulokset rekrytointinopeudeltaan parhaasta käyrästä. Reaktioaika on otettu käyrästä, jossa on ollut suurin maksimaalinen voima. Näin ollen analysoitu reaktioaika ei kaikilla välttämättä ole paras.

Polvikulmalla 110° ryhmäkohtainen maksimivoima oli alkumittauksissa 241,2 kg. Loppumittauksissa vastaava arvo oli 257,2 kg eli 16 kg (6,6 %) parempi kuin alkumittauksissa. Maksimaalinen rekrytointinopeus oli alussa 823,8 kg/ms ja loppumittauksissa 968 kg/ms eli 144,3 kg/ms (17,5 %) parempi kuin alkumittauksissa. Alkumittauksissa ryhmäkohtainen voimantuotto suhteessa kehonpainoon oli 3,0-ertainen ja loppumittauksissa 3,2-ertainen eli lievää kehitystä (6,7%:a) oli tullut.

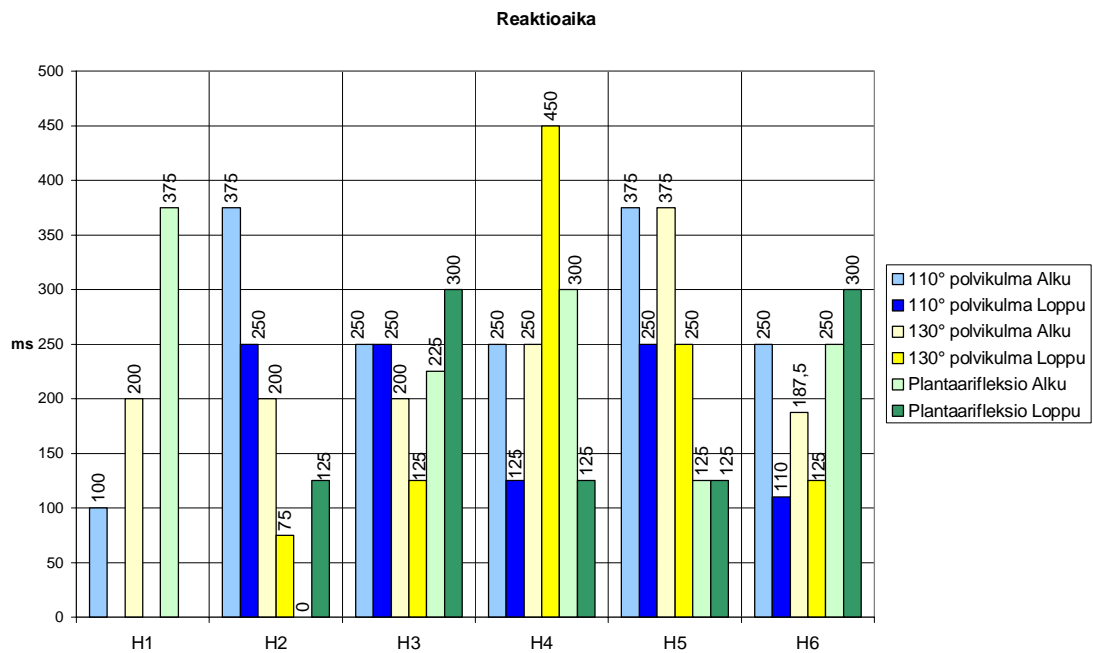
Polvikulmalla 130° ryhmäkohtainen maksimivoima oli alkumittauksissa 377,6 kg. Loppumittauksissa vastaava arvo oli 398,5 kg eli 20,9 kg (5,5 %) parempi kuin alkumittauksissa. Maksimaalinen rekrytointinopeus oli alkumittauksissa 1078,4 kg/ms ja loppumittauksissa 1210,9 kg/ms eli 132,6 kg/ms eli 12,3 % parempi kuin alkumittauksissa. Voimantuoton suhteet olivat parantuneet ryh-

mäkohtaisesti selkeimmin tällä polvikulmalla; Alkumittauksiin verrattuna voimantuotto suhteessa kehonpainoon on kasvanut 8,7 %:a. Loppumittauksissa voimantuotto oli 5,0- kertainen kehonpainoon suhteutettuna.

Plantaarifleksiossa ryhmäkohtainen maksimivoima oli alkumittauksissa 228,5 kg. Vastaava arvo loppumittauksissa oli 235,2 kg eli 6,7 kg (2,9 %) parempi kuin alkumittauksissa. Maksimaalinen rekrytointinopeus oli alkumittauksissa 527,8 kg/ms ja loppumittauksissa 648,7 kg/ms eli 121 kg/ms eli 22,9 % parempi kuin alkumittauksissa. Voimantuoton suhteet olivat hieman parantuneet, alussa plantaarifleksion voimantuotto suhteessa kehonpainoon oli 2,8- kertainen, kun taas lopussa se oli 2,9- kertainen. (Ks. kuvio 9 ja 10). Kaikilla parhaat rekrytointinopeudet saavutettiin 0- 60% maksimista välillä. Tarkemmat tulokset ovat liitteessä 4.



KUVIO 9. Isometrisen maksimivoiman yksilölliset tulokset (kg)



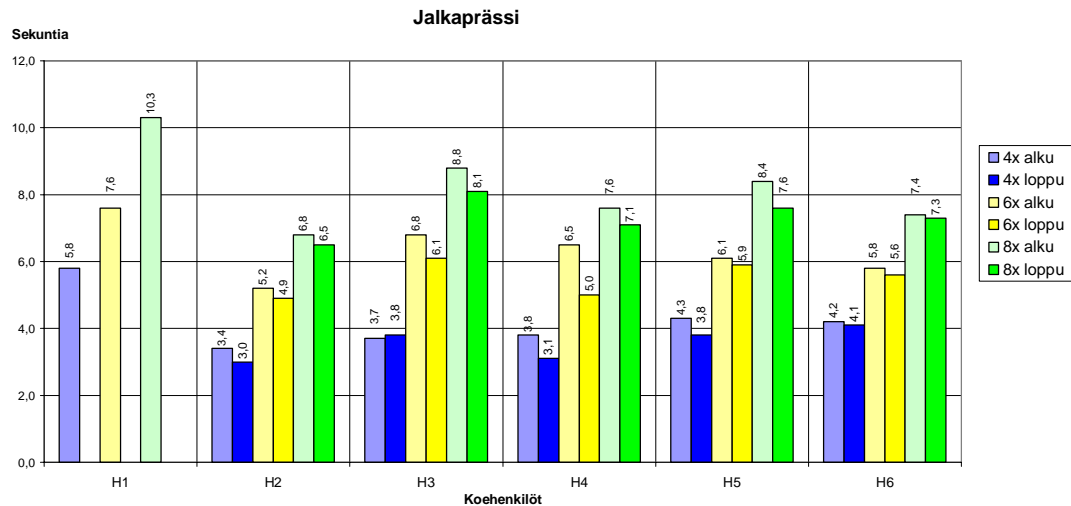
KUVIO 10. Reaktioajan yksilölliset tulokset (ms)

H2-henkilöllä plantaarileksiossa maksimivoima oli hieman heikentynyt (2,1 %). H2- henkilö oli ennakoinut suorituksen 130° polvikulman loppumittauksissa, jonka vuoksi taulukossa on arvo nolla(0). H3-henkilöllä oli 110° polvikulmalla maksimivoima heikentynyt 9,3 % ja maksimaalisen voiman rekrytointinopeus oli heikentynyt 902,5 kg/ms eli 12,6 % alkumittauksiin verrattuna. H4-henkilöllä plantaarifleksion maksimivoima (25,8 %) ja maksimaalisen voiman rekrytointinopeus olivat heikentyneet. H5- henkilöllä polvikulmalla 110° ja 130° sekä plantaarifleksiossa maksimivoimat olivat heikentyneet. H6-henkilöllä maksimivoima oli heikentynyt polvikulmalla 110° sekä maksimaalisen voiman rekrytointinopeus oli heikentynyt lievästi polvikulmalla 130° ja plantaarifleksiossa.

7.2 Alaraajojen nopeusvoima

Jalkaprässin jokaisessa toistomäärässä oli tapahtunut parannusta. Alkumittauksissa neljään toistoon kuluneen ajan keskiarvo oli 4,2 sekuntia, kuuteen toistoon kuluneen ajan keskiarvo oli 6,3 sekuntia ja kahdeksaan toistoon kulunut aika oli 8,2 sekuntia. Loppumittauksissa vastaavat arvot olivat 3,6 sekuntia, 5,5 sekuntia ja 7,3 sekuntia. Suurin muutos oli tapahtunut kahdeksan tois-

ton kohdalla. H1-henkilöllä ei voitu suorittaa loppumittauksia tapaturman vuoksi. (Ks. kuvio 11).



KUVIO 11. Alaraajojen nopeusvoiman yksilölliset tulokset (s)

7.3 Alaraajojen maksimivoima

Kaikissa alaraajojen maksimivoimissa ilmeni kehitystä kaikilla henkilöillä. Polven ekstensiossa laskettu maksimivoiman keskiarvo ryhmässä oli kehittynyt oikeassa alaraajassa 4,4 kg eli 10,8 % ja vasemmassa alaraajassa 8,5 kg eli 24,2 %. Polven fleksiossa maksimivoima oli kehittynyt oikeassa alaraajassa 4,8 kg eli 10,6 % ja vasemmassa alaraajassa 5,4 kg eli 11,1 %. Lonkan ekstensiossa maksimivoima oli kehittynyt ryhmäkohtaisesti oikean alaraajan osalta 9,9 kg eli 16,4 % ja vasemman alaraajan osalta 5,9 kg eli 9,9 %. Lonkan abduktiossa ryhmäkohtaiset tulokset olivat kehittyneet 3,3 kg eli 6,8 %. H1-henkilölle ei loppumittauksia voitu suorittaa. Tarkemmat tulokset ovat liitteessä 5.

7.4 Staattinen tasapaino

Huojuntamittauksissa tulee ottaa huomioon testihenkilön pituus, koska se vaikuttaa massan keskipisteen sijaintiin. Good Balance -voimalevyanturin tuloksissa analysoitiin kolmea eri muuttujaa: painekeskipisteen keskimääräistä sivusuuntaista (X-nopeus) ja eteen/taakse- suuntaista (Y-nopeus) huojuntanopeutta sekä painekeskipisteen radasta laskettua vauhtimomenttia. Vauhtimomentin arvoon vaikuttaa painekeskipisteen liikkeen nopeus sekä etäisyys koko suorituksen keskipisteestä. Vauhtimomentti kuvaa myös huojunnan pinta-alan suuruutta. Viitearvoissa luokitus on viisiasteinen ja määräytyy iän- ja sukupuoliryhmän mukaan. Tulos 1/5 kertoo, että koehenkilö sijoittuu parhaaseen viidennekseen, kun taas tuloksella 5/5 sijoittuu alimpaan viidennekseen. (Metitur Oy Good Balance –käyttöohje 2005, 21; Sihvonen 2004, 49.)

H1-henkilön alkumittausten tulokset sijoittuivat keskimäärin luokkiin 3/5 ja 4/5. Poikkeuksena oli tandem-seisonta-asento vasen jalka takana, jossa tulokset sijoittuivat luokkaan 1/5. H2-henkilön tulokset pysyivät samana (1/5) normaali seisominen silmät auki - sekä kiinni-mittauksissa. Loppumittauksissa tandem-seisonta-asento oikea jalka takana -mittauksesta ei saatu tulosta. Henkilön tulokset heikkenivät tandem-seisonta-asennossa vasen jalka takana kahden muuttujan kohdalla.

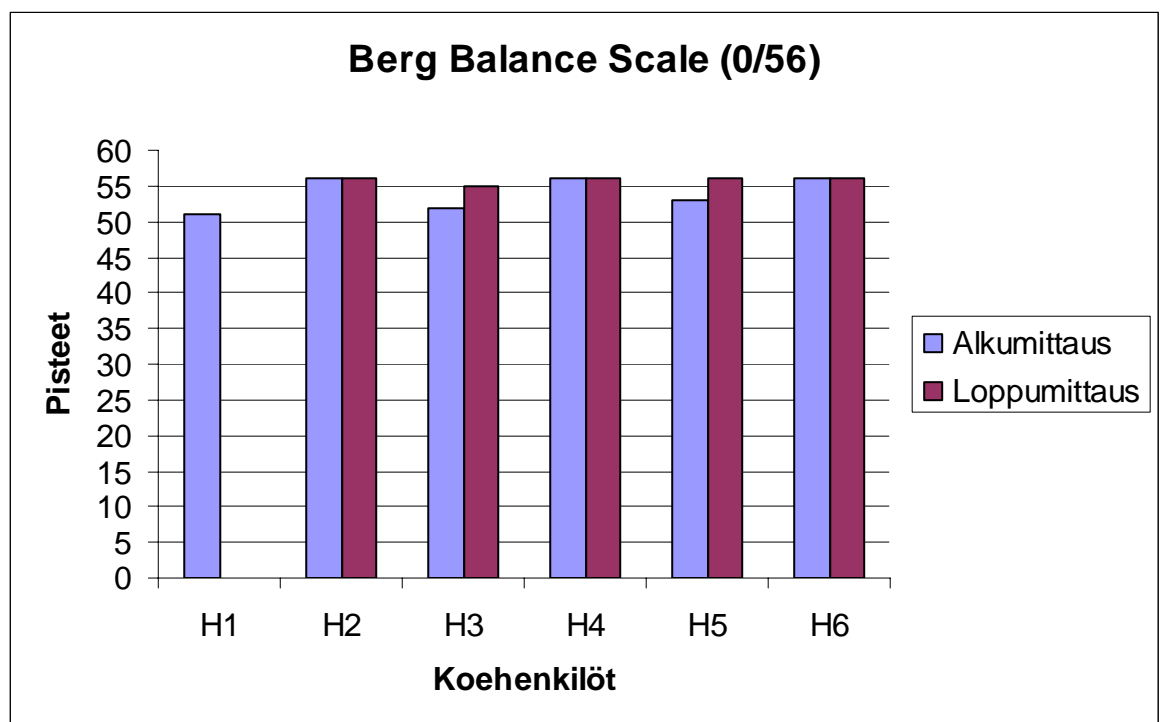
H3-henkilöllä tulokset paranivat normaali seisominen silmät auki - ja kiinni-mittauksissa kahden muuttujan osalta sekä tandem-seisonta-asennossa vasen jalka takana. Alkumittauksissa henkilö ei saavuttanut määrättyä aikaa (30 s) tandem-seisonta-asennossa oikea jalka takana, joten hän ei saanut vertailukelpoista tulosta. Loppumittauksissa henkilö kuitenkin saavutti määrätyn ajan. H4-henkilöllä tulokset paranivat normaali seisominen silmät kiinni -mittauksessa kaikissa kolmessa muuttujassa sekä tandem-seisonta-asennossa oikea jalka takana kaikissa kolmessa muuttujassa. Henkilön tulokset heikkenivät normaali seisominen silmät auki -mittauksessa kahden muuttujan osalta.

H5-henkilön tuloksissa tapahtui positiivisia muutoksia normaali seisominen silmät auki ja kiinni -mittauksissa. Henkilön kaikkien kolmen muuttujan tulokset

paranivat tandem-seisonta-asennossa oikea jalka takana sekä yhden muuttujan osalta myös vasen jalka takana -osuudessa. H6-henkilön tulokset paraniivat myös kaikkien kolmen muuttujan kesken tandem-seisonta- asennossa oikea jalka takana sekä yhden muuttujan osalta myös vasen jalka takana -osuudessa. Henkilön tulokset heikkenivät puolestaan normaali seisominen silmät auki -mittauksessa vain yhden muuttujan osalta ja kahden muuttujan osalta normaali seisominen silmät kiinni -mittauksessa. Tarkemmat tulokset ovat liitteessä 6.

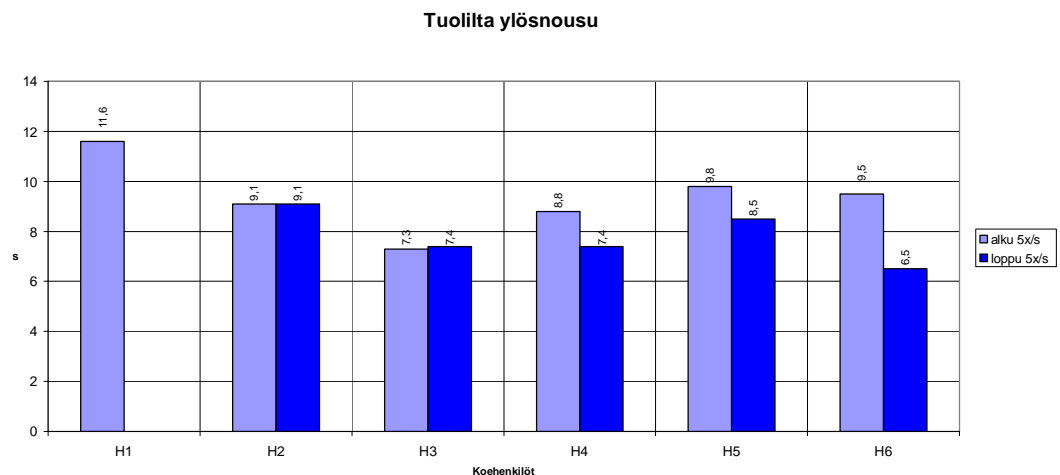
7.5 Dynaaminen tasapaino

Alkumittauksissa 3 ryhmäläistä sai täydet pisteet (56p.) Berg Balance Scale -testistöstä ja loput ryhmäläisistä 53 p., 52 p. ja 51 p. Loppumittauksissa 4 ryhmäläisistä sai tulokseksi 56 p., yksi 55 p. ja yksi ryhmäläisistä ei osallistunut loppumittauksiin. Tällöin voidaan todeta, että kaikilla tulos pysyi samana tai parani verrattuna alkumittauksiin, paitsi H1:n kohdalla. (Ks. kuvio 12)



KUVIO 12. Dynaamisen tasapainon yksilölliset kokonaispistemäärät

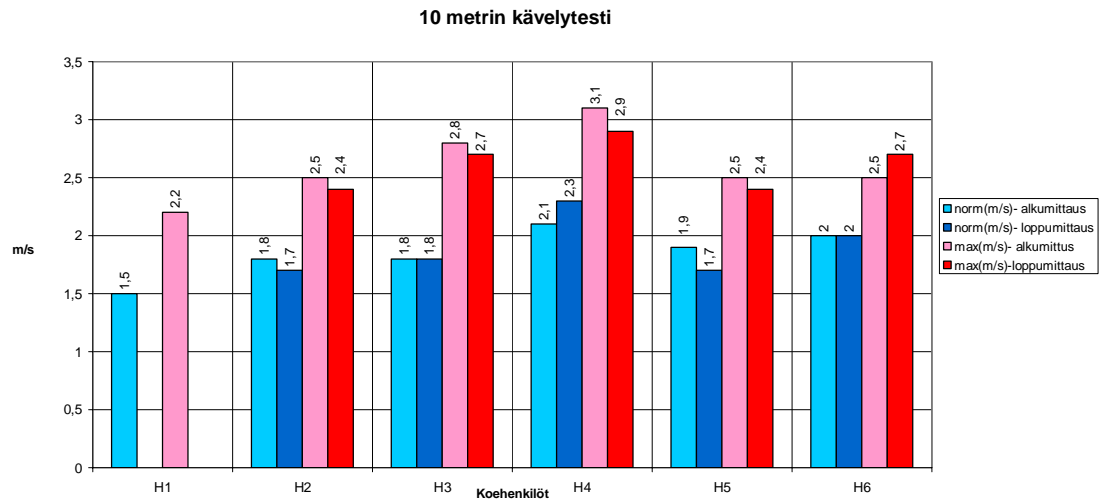
Tuolilta ylösnousumittauksen ryhmäläisten keskiarvo oli alkumittauksissa 9,4 sekuntia. Heikoin aika oli 11,6 sekuntia ja nopein aika 7,3 sekuntia. Ryhmäläisistä 4 sijoittui parhaaseen viidennekseen eli kuntoluokkaan 5/5 ja 1 ryhmäläistä toiseksi parhaaseen viidennekseen eli kuntoluokkaan 4/5 ja yhden tulokset sijoituivat kuntoluokkiin 4/5 ja 5/5. Loppumittauksissa ryhmäläisten keskiarvo oli 7,8 sekuntia. Heikoin aika oli 9,1 sekuntia ja nopein aika 6,5 sekuntia. H1-henkilö ei suorittanut loppumittauksia, joten ryhmän keskiarvo laskettiin 5 ryhmäläisen mukaan. Yhdellä ryhmäläisistä tulos pysyi ennallaan, yhdellä heikkeni 0,1 sekunnilla ja kolmella ryhmäläisistä tulos parantui (1,4 s, 1,3 s ja 3 s). (Ks. kuvio 13)



KUVIO 13. Dynaamisen tasapainon yksilölliset tulokset

7.6 Toiminnallinen tasapaino

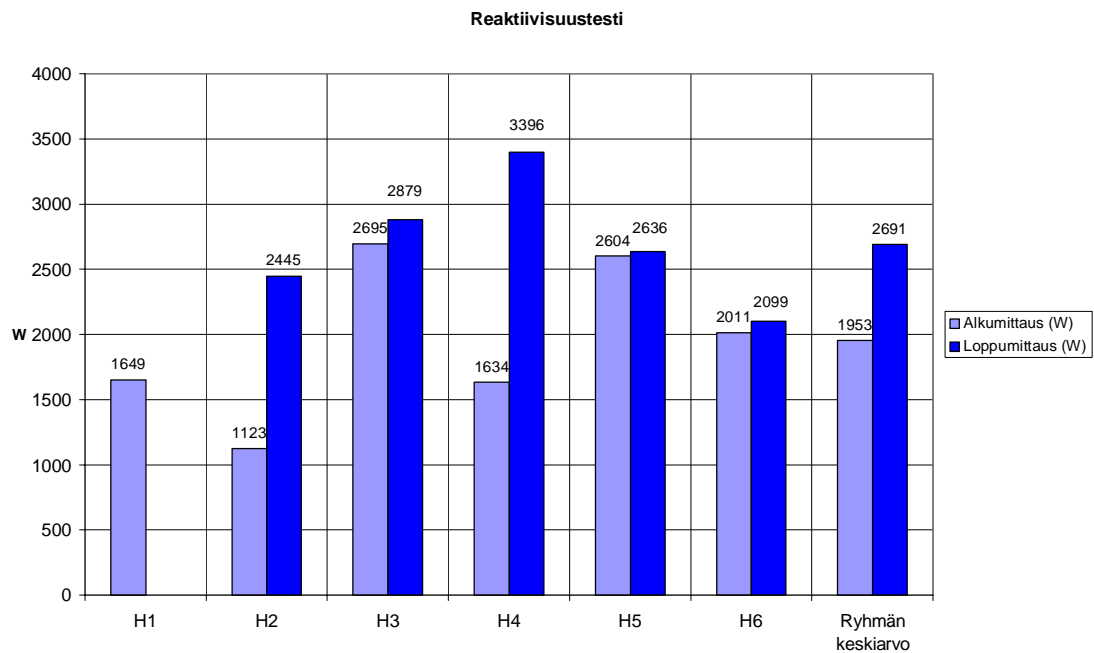
Alkumittauksissa ryhmäläisten normaalin kävelynopeuden keskiarvo oli 5,4 sekuntia ja maksimaalisen kävelynopeuden keskiarvo 3,9 sekuntia. Loppumittauksissa arvot olivat 5,4 sekuntia ja 3,8 sekuntia. (Ks. kuvio 14)



KUVIO 14. Toiminnallisen tasapainon yksilölliset tulokset

7.7 Reaktionopeus

Alaraajojen reaktiivisuustestissä kaikilla henkilöillä hyppyjen teho oli parantunut. Osalla huomattavan paljon. Alkumittauksissa reaktiivisuustestissä ryhmäläisten hyppyjen tehon keskiarvo oli 1953 W. Loppumittauksissa vastaava arvo oli 2691 W, mikä on 738 W eli 37,8 % parempi tulos kuin alkumittauksissa. (Ks. kuvio 15). Tarkemmat tulokset ovat liitteessä 7.



KUVIO 15. Reaktionopeuden yksilölliset tulokset

Ryhmäläisten keskiarvotulokset on koottu taulukkoon 5.

TAULUKKO 5. Ryhmän keskiarvotulokset

Mittaus:	Alku	Loppu
Alaraajojen nopeus-voima:		
4x	4,2 s	3,6 s
6x	6,3 s	5,5 s
8x	8,2 s	7,3 s
Alaraajojen maksimivoima:		
Polven ekstensio o/v	40,8/ 35,1 kg	45,2/ 43,6 kg
Polven fleksio o/v	45,3/ 48,6 kg	50,1/ 54,0 kg
Lonkan ekstensio o/v	60,3/ 59,7 kg	70,2/ 65,6 kg
Lonkan abduktio	48,6 kg	51,9 kg
Dynaaminen tasapaino:		
Berg Balance Scale	54 p.	55,8 p.
Tuolilta ylösnousu	9,4 s	7,8 s
Toiminnallinen tasapaino:		
10 metrin kävely normaali nopeus	5,4 s	5,4 s
maksimaalinen nopeus	3,9 s	3,8 s
Reaktionopeus:		
Reaktiivisuustesti	1953 W	2691 W

7.8 Ryhmäpalaute

Harjoitusjakson lopuksi kerättiin ryhmäläisiltä anonyymin palautteen ryhmätoimintaan liittyen. Palautteen avulla on hyvä kartoittaa ohjauksen laatua ja ryhmäkertojen sisältöjen tarpeellisuutta ja hyödyllisyyttä. Palautteet auttavat kehittämään ryhmätoimintaa ja ottamaan ryhmäläisten toiveet huomioon.

Osa ryhmäläisistä huomasi harjoittelun konkreettiset vaikutukset arkielämässä:

”...kun aloitin hiihtokauden, jalat toimi hyvin.”

”Liikunta lisääntyminen. Kotijumppa lisääntynyt.”

”Talven hiihtolenkeillä: alamäkien lasku parani. Syy: parempi tasapaino ja jalkavoimien kasvu.”

”Luotan erityisesti jalkoihini entistä enemmän. Samaten keskivartalon hallinta on parantunut.”

”En ole huomannut mitään yksittäistä tilannetta.”

Ryhmäkertojen sisältöä arvioitiin 1–5-asteikolla (1 Täysin eri mieltä, 5 Täysin samaa mieltä). Sisällön arvioinnissa oli 10 eri kohtaa. Palautteessa arvioitiin harjoitteiden monipuolisuutta ja tarkoituksenmukaisuutta sekä harjoittelun nousujohteisuutta. Lisäksi ryhmäläiset arvioivat kuormituksen sopivuutta.

Keskiarvoksi saatiin 4,5. Arvioinnissa ainoa poikkeava kohta oli ”Toteutin säännöllisesti annettuja kotiharjoitteita?”, jossa keskiarvoksi tuli 3,3. Tähän saattaa vaikuttaa arjen muut toiminnot, jolloin kotiharjoitteet saattavat helposti jäädä tekemättä.

Ohjaustoiminnan ammatillisuutta, yksilöllisyyttä ja kannustavaa asennetta arvioitiin 3 kysymyksellä. Tämän keskiarvoksi muodostui 4,8.

Lopussa ryhmäläiset antoivat avointa palautetta harjoitusjaksosta:

”Ryhmän”henki” rento. Vetäjät tosi innostavia ja asiansa osaavia.”

”Koska ei ole risuja, niin kaikki ollut ok”

”Hyvä, loppu vain meni pieleen, kun metsähihdossa venäytin polven.”

”Oli mukava olla tällaisessa testiryhmässä. Myöskin ylävartalolle olisi mukava saada toimintaa.”

”Kaikki pelasi hyvin, Laura ja Paula toimivat hyvin yhteen, tästä on hyvä jatkaa työelämässä että suur kiitos. Käsille enemmän töitä.”

”Tuli jo noita +-merkkejä noihin 5. Loistavaa sanottavaa!”

8 POHDINTA

Ikääntyvien lihasvoimaa ja voimantuottoa pystytään lisäämään harjoittelulla. Nopeisiin motorisiin yksiköihin voidaan vaikuttaa optimaalisen lihasvoimaharjoittelun avulla, mikä hidastaa voimantuoton ja reaktionopeuden heikentymistä. (Korhonen 2008, 134.) Voimantuoton heikentymisen on todettu olevan suurempaa kuin lihasvoiman heikentyminen (Young 1997, 1838). Tasapainoharjoittelun on todistettu olevan tehokasta harjoitusohjelmilla, joissa on lihasvoima sekä -tasapainoharjoitteita. (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 142.) Reaktiionopeusharjoittelun vaikutuksista on ollut ristiriitaista tutkimustietoa, mutta positiivisia vaikutuksia on saatu pitkäkestoilla, yli puoli vuotta kestäneillä harjoitusohjelmilla (Sakari-Rantala 2004, 18). Opinnäytetyössä halusimme syventyä ikääntyvien nopeusvoimaharjoitteluun ja sen mahdollisiin harjoitteluvasteisiin. Ikääntyvien nopeusvoimaharjoittelusta on ollut saatavilla vähän teoreettista tietoa ja tutkimustietoa.

Mittaukset

Alaraajojen isometristä voimamittausta käytettiin, koska se antaa tietoa lihas-ten maksimaalisesta voimasta, voimantuoton suhteesta kehon painoon sekä lihassolujen rekrytointinopeudesta. Lisäksi mittausta on käytetty monissa kansainvälisissä tutkimuksissa, kuten Skeltonin, Kennedyn ja Rutherfordin tutkimuksessa (2002). Valitsimme polvikulmat 110° ja 130° , koska lihaksen sarkomeerien keskipituuksilla lihaksen voimantuotto on korkeimmillaan. Nilkan plantaarifleksio-mittauksella halusimme selvittää säären etu- ja takaosan lihasten osuutta voimantuottoon. Tukevatko mittaustulokset olettamusta, että säären etu- ja takaosan lihaksissa tapahtuu merkittävää heikentymistä? Mittauslaitteen kalibrointi jokaisen mittauskerran yhteydessä lisää mittauksen luotettavuutta. Toinen mittaajista antoi aloitusäänimerkin, mikä saattaa vaikuttaa ennakkoivasti tai suoritusta viivyttävästi. Tarkoituksenmukaisempaa olisi, jos aloitusäänimerkki tulisi erillisenä voimadynamometristä. Tämä lisäisi mittauksen reliaabeliutta ja validiutta.

Alaraajojen maksimivoimamittauksissa pyrittiin määrittämään jokaiselle 3–5 RM:n tulos, mutta käytännössä se ei onnistunut täysin. Harjoituslaitteiden painotaulukot eivät edenneet johdonmukaisesti riippumatta laitteen valmistajasta. RM:n määrä vaihteli, mikä osaltaan vaikutti alaraajojen maksimivoimamittauksien luotettavuuteen. Mittausjärjestys oli tutkimushenkilöille sama, kuten palautumisajat. Alaraajojen maksimivoimamittauksista pystyimme laskemaan tutkimushenkilöille harjoituspainot.

Jalkaprässissä kilomäärät eivät riittäneet tutkimushenkilöille (laitteessa max.107 kg). Tutkimushenkilöistä 5 suoritti mittauksen 107 kg:lla ja H1-henkilö 73 kg:lla heikomman lihasvoiman vuoksi. Tämän vuoksi jalkaprässiin otettiin mukaan aikakomponentti, jolla testattiin nimenomaan alaraajojen ojentajalihasten nopeusvoimaa. Mittauksessa ajanotto suoritettiin sekuntikellolla ja mittaajan mahdollinen ennakointi tai suorituksen viivästyminen saattoivat vaikuttaa tulokseen. Laitteen istuimen etäisyyden säätö ja oikean polvikulman määritykset pyrittiin yhtenäistämään.

Tasapainomittausmenetelmiksi valitsimme Good Balance -voimalevyanturin ja Berg Balance Scalen, koska kyseisten mittausten on todistettu tukevan toisiinsa (Era 1997, 51–53). Voimalevyanturi on todettu validiksi mittausmenetelmäksi staattisen tasapainon hallintaa mitattaessa, koska se on helposti toistettavissa. Sen on myös todettu ennustavan henkilön kaatumisriskiä ja apuvälineen tarvetta vaikka henkilöllä ei ole aikaisempaa kaatumishistoriaa tai tasapaino-ongelmia (Pajala, Era, Koskenvuori, Kaprio, Törmäkangas & Rantanen 2008; Piirtola & Era 2006; Saari 2000, 7; Paltamaa 2006). Mittaajien ja mittauksien välinen toistettavuus on hyvä ja se on käytössä maailmanlaajuisesti (Era 1997, 51–53; Paltamaa 2006). Sen ainoa heikkous on se, että sen avulla ei voida mitata ulkopuolisten tekijöiden vaikutusta suoritukseen, kuten vuorokaudenajan erot (Era 1997, 51–53; To-Mi 2008, 50). Mittauksissa kolme yleisesti käytettyä mittausasentoa ovat: normaali seisominen silmät auki/kiinni sekä tandem-seisominen. Kyseiset mittausasennot vastasivat myös opinnäytetyömme tarkoitusta. Berg Balance Scale -mittauksissa etenemisjärjestys oli sama kaikille.

Tuolilta ylösnousumittaus on suljetun kineettisen ketjun testi, jossa tutkimushenkilön alaraajat ovat maassa. Mittaus muistuttaa jalkaprässiharjoitetta. Kyseinen mittaus arvioi enemmän alaraajojen lihavoimaa ja staattista tasapainoa kuin liikkuvuutta ja dynaamista tasapainoa. Tämä seikka saattaa selittää joidenkin säännöllisesti harjoittelevien harjoitusvaikutukset. (Mård & Vaha 2007, 21–22.) Tutkimushenkilön pituus vaikuttaa mittauksen suorittamiseen. Tuolilta ylösnousumittaus vaatii oikean suoritustavan oivaltamista, koska arkielämässä tuolilta ylösnousuun ei yleensä tarvita maksimaalista nopeutta. Yläraajojen asento tulisi vakioda vartalon viereen tai rinnalle ristiin.

Kävelynopeus on helppo tapa mitata ikääntyvien terveyttä ja toimintakykyä. 10 metrin kävelymittaus on helppo toteuttaa eikä se rasita kohtuuttomasti huonokuntoisintakaan. Testattavan tulee ymmärtää ja noudattaa sanallisia ohjeita. (Tiainen 2005, 36.) Ajanotto tapahtui valokennojen avulla, mikä lisäsi mittauksen tarkkuutta. Valokennojen saatavuus voi olla hankalaa ja moni mittauskerta saatetaan joutua suorittamaan sekuntikelolla. Mittauksessa tulee painottaa oikeaa suoritustekniikkaa. Tutkimushenkilön tulee kävellä normaalia sekä maksimaalista kävelynopeutta, välttämällä juoksuaskelten ottamista. Reaktiivisuustestin toistettavuus on heikompi, kuin muiden vertikaalihyppytestin (Kyröläinen 2007, 155–156). Testissä oikeaoppinen suoritustekniikka on haastava, koska polvien tulisi pysyä mahdollisimman suorina ja suoritustempon tulisi säilyä rytmikkäänä.

Opinnäytetyön vahvuutena voidaan pitää mittausten ja harjoittelun tarkkaa suunnittelua ja toteutusta. Alku- ja loppumittaukset suoritti aina sama henkilö, mikä myös lisää tutkimuksen luotettavuutta. Toisaalta olimme mittaajina kokemattomia, mikä osaltaan heikentää tutkimuksen luotettavuutta. Tutkimukseen validiutta ja reliaabeliutta toivat tarkat ja vakiodut testausasennot sekä testausohjeet. Tavoitteena oli sijoittaa loppumittausajat samaan vuorokauden aikaan, kuin alkumittausajat, jotta mittausten validius ja reliaabelius säilyisivät mahdollisimman hyvänä.

Harjoittelu

Harjoittelukertojen runko suunniteltiin etukäteen. Harjoittelussa oleellista oli riittävän pitkä alkulämmittely, harjoitteiden järjestys ja tarkoin määritellyt nopeusvoima periaatetta mukailevat palautumisajat lihaskuntoharjoitteiden välillä. Tasapaino- ja reaktioharjoitteet toteutettiin aina ennen lihaskuntoharjoitteita, jotta harjoitteiden tekemisessä lihasten koordinaatio ja suorituksen tarkkuus eivät häiriintyisi. Reaktioharjoitteet toteutettiin leikki- ja pallopelien muodossa. Tasapainoharjoitteet vaihtelivat viikoittain staattisen, dynaamisen ja toiminnallisen tasapainon välillä. Toiminnallisen tasapainon- harjoitteisiin liitettiin yläraajaharjoitteita. Usein toistuvien motoristen harjoitekokonaisuuksien avulla ikääntyvien motorinen oppiminen tehostuu sekä liikkeiden rytmitys ja koordinaatio kehittyvät (Ruuskanen 2008, 99-100). Kaikki tutkimushenkilöt suorittivat nopeusvoimaharjoitteet oikealla tekniikalla sekä olivat erittäin motivoituneita harjoitteluun. Nopeusvoimaharjoittelu vaatii motivaatiota ja keskittymistä suorituksen onnistumiseksi.

Suunnittelussa tulisi huomioida ajankäyttö, jotta välttyttäisiin turhalta kiireeltä ja epäpuhtailta suorituksilta. Sovittuja harjoitteita ei missään vaiheessa jätetty väliin. Välillä jäimme aikataulusta jälkeen, jolloin lyhensimme loppuverryttelyn osuutta. Harjoittelujakson aikana harjoitteet olivat monipuolisia ja alaraajoihin kohdistuvia. Ne kuormittivat lihaksia, jotka vaikuttavat tasapainoon ja jokapäiväisten toimintojen suorittamiseen. Jalkakyykyssä hyödynnettiin lihasten elastisia ominaisuuksia suorittamalla harjoitteet suurilla nivelkulmilla. Harjoittelun suunnittelussa tulisi miettiä, suoritetaanko tietyt harjoitteet oikealla ja vasemmalla alaraajalla erikseen vai olisiko hyödyllisempää ja ajallisesti tehokkaampaa suorittaa harjoitteet molemmilla alaraajoilla yhtä aikaa. Toisaalta erikseen suoritettuina harjoitteissa voidaan huomioida puolierot, jolloin molempien alaraajojen lihakset saavat suhteessa maksimivoimaan samansuuruista kuormitusta. Vahvemmallalla alaraajalla kompensoidaan usein heikompaa alaraajaa. Pikavoimassa toistojen määrä pysyi lähes samana riippumatta vastuksen noususta. Räjähävässä voimaharjoittelussa toistojen määrä laski vastuksen noustessa esimerkiksi vastus 50 % max. ja toistoja 5/sarja, mikä tukee nopeusvoimaharjoittelun periaatetta. Kotiharjoitteiden tarkoituksena oli tukea viikoit-

taista kuntosaliharjoittelua. Kotiharjoitteiden avulla pystyimme korostamaan harjoittelun yksilöllisyyttä. Esimerkiksi kahdella ryhmäläisellä oli nilkan instabiilitettä, johon he saivat stabiloivia harjoitteita.

Ryhmäläisten fyysistä aktiivisuutta kartoitettiin ryhmän ulkopuolella fyysisen aktiivisuuden seurantalomakkeen avulla. Kuntosaliharjoittelun etenemistä seurattiin harjoituspäiväkirjojen avulla. Ryhmäläisten fyysisen aktiivisuuden kartoitus on merkittävää, koska ryhmäkertojen ulkopuolinen aktiivisuus saattaa vaikuttaa testituloksiin. Huomasimme, että ryhmäläiset olivat täyttäneet fyysisen aktiivisuuden seurantalomaketta vaihtelevasti, osa hyvinkin tarkasti.

Tulokset

Vaikka isometrisen voimadynamometrin tuloksissa ilmeni jokaisella osa-alueella ryhmäkohtaista kehittymistä, tuloksissa oli silti havaittavissa muutamien henkilöiden osalta lievää heikentymistä. Osaltaan heikentyminen voinee johtua edellisen päivän fyysisestä harjoittelusta, vireystilasta ja vuorokaudenajasta, mutta myös isometrisen lihasvoiman harjoittamattomuudesta. Harjoittelujakson aikana harjoitimme dynaamista lihasvoimaa, ja kuten tutkimuksissa on todettu, dynaaminen harjoittelu parantaa dynaamista voimaa, muttei isometristä voimaa (Häkkinen 1999a, 59). Kaikilla henkilöillä oli kuitenkin nähtävissä kehitystä dynaamisissa alaraajojen maksimivoimamittauksissa, reaktiivisuustestissä sekä isometrisen voimadynamometrin maksimaalisen voiman rekrytointinopeudessa. Oikean tekniikan oppiminen harjoittelujakson aikana lienee merkittävä tekijä parantuneisiin tuloksiin.

Yleisesti ottaen voimantuotto suhteessa kehon painoon on henkilöillä alentunut verrattuna terveisiin, aikuisiin henkilöihin. Terveillä aikuisilla henkilöillä voimantuotto on noin 6–7-kertainen kehonpainoon verrattuna (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 143). Näillä henkilöillä voimantuoton suhde kehonpainoon oli alkumittauksissa 110° polvikulmalla 3-kertainen ja 130° polvikulmalla 4,6-kertainen suhteutettuna kehonpainoon, mikä osaltaan tukee tutkimustuloksia, joissa ikääntymisen myötä voimantuoton on todettu heikentyvän enemmän, kuin lihasvoiman. Loppumittauksissa tulokset olivat hieman parantuneet. Lop-

pumittauksissa 110° polvikulmalla voimantuotto oli 3,2-ertainen ja 130° polvikulmalla 5-ertainen kehonpainoon suhteutettuna. Yleensä maksimivoima ja maksimaalisen voiman rekrytointinopeus ovat samassa käyrässä, mutta kaikilla henkilöillämme näin ei ollut. Voisiko siihen vaikuttaa esimerkiksi suorituksen ajoitus paina- komentoon nähden? Tulokset voivat myös johtua keskushermoston hidastuneesta kyvystä ohjata motorista suoritusta (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 147). Syy voi olla esimerkiksi se, että keskushermoston kyky aktiivoida motorisia yksiköitä on hidastunut eli syttymisfrekvenssi on voinut olla hitaampi (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 128).

On arveltu, että ikääntyvillä nilkkastrategia heikentyy, mikä johtuu alaraajojen distaaliolosien heikentymisestä. Säären takaosan lihakset olivat tutkimusjoukollemme selvästi alaraajojen ojennuslihaksia heikommat. Ryhmäkohtainen keskiarvo, voimantuotto suhteessa kehonpainoon, oli alkumittauksissa 2,8-ertainen ja loppumittauksissa 2,9-ertainen. Vaikka lievää parannusta on tapahtunut, jää tulos silti alaraajojen isometristä ojennusvoimaa alhaisemmaksi (vrt. alaraajojen ojennusvoima terveillä aikuisilla 6-7-ertainen kehonpainoon nähden). Täytyy kuitenkin muistaa, että säären takaosan lihakset (esimerkiksi m.gastrocnemius ja m.soleus) ovat toonisia lihaksia, minkä vuoksi niiden voimantuottotaso on alhaisempi, kuin faasisissa lihaksissa (Linnamo 2002, 13).

Kirjallisuudessa on väitetty, että nopeusvoimaharjoittelulla ei voida parantaa maksimaalista voimaa (Häkkinen 1990, 127- 129). Alaraajojen maksimivoimaa mitattaessa halusimme selvittää väitteen todenmukaisuuden. Tuloksissamme kaikkien tutkimushenkilöiden dynaamiset maksimivoimat olivat parantuneet kaikissa osioissa. Vastuksien määritys ei ollut helppoa, koska valmiiksi lasketut vastukset eivät vastanneet laitteiden kilomääriä. Tämä heikensi osaltaan laskettujen harjoituspainojen reliabiliteettia.

Tulosparannus jalkaprässissä ja alaraajojen reaktiivisuustestissä voi johtua osaltaan parantuneesta suoritustekniikasta ja osaltaan lihasten kehittyneestä kyvystä tuottaa voimaa nopeasti. Toisin sanoen lihasten kyky rekrytoida nopeita lihassoluja toimintaan (motorinen oppiminen) on voinut parantua. Loppumittauksissa alaraajojen reaktiivisuustestissä ponnistus on ollut nopeampi

ja tehokkaampi eli kontaktiaika lyhyempi ja lentoaika pidempi ja näin ollen teho suurempi.

Fyysisesti aktiivisemmilla henkilöillä oli parempi kehon hallinta Good Balance -mittauksen silmät auki ja kiinni -testeissä (Era 1997, 51–53). H2-henkilö oli ryhmäläisistä itse ilmoittamansa fyysisen aktiivisuuden perusteella aktiivisin. Hänellä ei kuitenkaan tapahtunut muutosta Good Balance -mittauksissa, mutta hänen tuloksensa olivat parhaimmat suhteessa muihin ryhmäläisiin. Alkumittauksissa hänen kuntoluokkansa oli 1/5 kaikissa osioissa, joten parannusta loppumittauksissa ei ilmennyt. Ryhmäläisistä H1-henkilön fyysinen aktiivisuus oli heikointa ja esimerkiksi tandem-seisonnassa oikea jalka takana mittaus keskeytyi. Yhteenvetona voidaan todeta tulosten parantuneen viiden ryhmäläisen kohdalla keskimäärin 4–5 muuttujan osalta ja pysyneen samana melkein kaikissa muuttujissa. Heikentyneitä tuloksia oli vain kolmella ryhmäläisistä keskimäärin vain kahdessa muuttujassa. (ks. liite 5.)

Berg Balance Scalen -testistön pisteiden mukaan voidaan ainoastaan määrittellä itsenäisesti pärjäävien ja korkean kaatumisriskin omaavien osuuden (Ahola, Kokko & Paltamaa 1994). Berg Balance Scale -testistö ei erottele tarpeeksi hienojakoisesti riittävän tasapainon omaavia tutkimushenkilöitä toisistaan eli erinomainen tulos ei välttämättä kerro tasapainon todellisesta tilanteesta (Herman, Inbar- Borovsky, Brozgol, Giladi & Hausdorff 2008). Alkumittauksissa puolet ryhmäläisistä (n=3) sai tulokseksi täydet pisteet eli 56 pistettä. Loppumittauksissa neljä ryhmäläistä saavutti täydet pisteet. Voidaankin todeta, että kaikilla tulos pysyi samana tai parani verrattuna alkumittauksiin, paitsi H1:n kohdalla, koska hän ei osallistunut loppumittauksiin.

Sakari- Rantalan (2004) mukaan tasapainotestien tuloksissa ongelmana on ns. kattoefekti. Henkilöllä ei ilmene suuria ongelmia tasapainossa ja hän saa testeistä täydet pisteet, joten harjoittelulla ei saada aikaan parannusta. On myös huomioitavaa, että vähäisetkin ongelmat saattavat estää suorituksen kokonaan ja näin ollen testattava jää ilman tulosta. (Sakari- Rantala 2004, 22.)

Dynaamisen tasapainon mittaus eli tuolilta ylösnousumittaus vaatii oikean suoritustavan oivaltamista, koska arkielämässä tuolilta ylösnousuun ei yleensä

tarvita maksimaalista nopeutta. Kolmella ryhmäläisistä tulos parantui, yhdellä pysyi samana ja yhdellä heikkeni 0,1 sekunnilla. Neljä ryhmäläisistä sijoittui ylimpää kuntoluokkaan 5/5, yksi toiseksi ylimpään 4/5 ja yhden alkumittaustulos kuntoluokkaan 4/5 ja loppumittaustulos kuntoluokkaan 5/5. Suurin tulospa-rannus (alku 9,5 s ja loppu 6,5 s) tapahtui H6-henkilöllä. Henkilöllä ei ollut merkittävää parannusta jalkaprässimittauksessa. H4-henkilön tuloksissa löytyi yhteys nopeusvoimamittauksen ja dynaamisen tasapainon välillä. Tuolilta ylösnousumittauksessa tulos parantui 1,4 sekunnilla, jalkaprässimittauksessa tulokset parantuivat jokaisessa toistomäärässä sekä Good Balance -mittaustulokset paranivat silmät kiinni -mittauksessa kaikkien 3 muuttujan osalta. Voidaan siis todeta yhteys kolmen eri mittauksen välillä.

Vergheesen ja muiden (2009) kävelynopeuden ja kaatumisriskin välistä suhdetta tutkivassa tutkimuksessa todettiin, että jokainen 0,1 m/s nopeuden lasku, lisäsi kaatumisriskiä 7 %. Henkilöillä, joilla kävelynopeus oli alhainen (eli 0,7 m/s) todettiin olevan 1,5-kertainen kaatumisriski normaalivauhdilla käveleviin verrattuna. (Vergheese, Holtzer, Lipton & Wang 2009, 896, 899.) Fyysisellä aktiivisuudella on osoitettu olevan vaikutusta muun muassa henkilön havaintomotoriseen nopeuteen ja tasapainotesteissä suoriutumiseen. (Pajala, Sihvonen & Era 2008, 152; Era 1997, 51–53.) Kukaan opinnäytetyön tutkimushenkilöistä ei ole kaatumisriskiryhmässä viitaten Vergheesen ja muiden (2009) tutkimukseen. Alhaisin kävelynopeus oli 1,5 m/s, mikä on riskirajoilla, koska 1,2 m/s kävelynopeudella ehtii turvallisesti ylittämään kadun vihreän liikennevalon aikana. Jopa 0,8 m/s kävelynopeudella ehtii, jos lähtee liikkeelle heti valon vaihduttua vihreäksi (Tiainen 2005, 36).

H1-henkilöllä oli harjoitusjakson aikana kaksi kaatumista liukkaassa ympäristössä. Kyseisellä henkilöllä oli alkumittauksissa suhteellisen alhaiset maksimivoimat kaikissa mittauksissa, sekä isometrisessä voimadynamometrissä voimantuotollisesti, että alaraajojen maksimivoimamittauksessa. Heikohkot tulokset lihasvoimassa ja voimantuotossa tarkoittavat usein lisääntynyttä kaatumisriskiä, mikä voinee selittää osaltaan henkilön kaatumiset. H1-henkilöllä voimantuotto oli 110° polvikulmalla 1,5-kertainen ja plantaarifleksiossa 1,3-kertainen verrattuna kehonpainoon. 1,5-kertaista voimantuottoa pidetään mi-

nimiärvona, jotta voi nousta 30 cm korkealle korokkeelle/portaalle (Young 1997, 1839). Lisäksi kyseisellä henkilöllä aiemmin sairastetun iskiaksen seurauksena oikean alaraajan hermotus on puutteellinen, mikä selittää osaltaan henkilön alhaista lihasvoimaa ja voimantuottoa. Säären etu- ja takaosan lihakset ovat tärkeitä tasapainon kannalta. Koska henkilön kyky tuottaa voimaa säären lihaksilla on selvästi normaalia alhaisempi, voi tämä olla yksi selittävä tekijä henkilön tasapainon horjuttuksiin ja kaatumisiin. H1 ei tapaturman vuoksi osallistunut loppumittauksiin.

Opinnäytetyössä heikkoutena oli suhteellisen pieni tutkimusjoukko ja lyhyehkö harjoitusjakso. Yleensä kansainvälisissä tutkimuksissa harjoitusjaksot ovat kestäneet vähintään kolme kuukautta, minkä aikana tuloksia on saatu. Kuitenkin on todisteita, että lyhyelläkin harjoitusjaksolla saadaan lieviä vaikutuksia ikääntyvien voimantuottoon ja lihasvoimaan. Opinnäytetyössä ei ollut väliin tulevia muuttujia, kuten henkilöiden sairastelua, mikä olisi heikentänyt harjoittelujakson tehokkuutta. Ryhmäkoon on oltava riittävän pieni, jotta ohjaaja pysyy havainnoimaan ja puuttumaan mahdollisiin tekniikkavirheisiin. Lisäksi nopeusvoimaharjoittelua varten siinä käytettävien harjoitteiden on oltava tuttuja ja henkilöillä on oltava suhteellisen hyvä peruskunto.

Opinnäytetyön toteutustavaksi valittiin käytännönläheinen, tutkimuksellinen näkökulma, koska sen kautta koimme oppivamme parhaiten. Lähteiden käyttö oli kattavaa sisältäen kansainvälisiä tutkimuksia. Opinnäytetyö toteutti eettisiä periaatteita anonymiteetin, kirjallisten lupien, vapaaehtoisuuden ja ammatillisen käytöksen kautta. Toteutustapa palveli myös kohderyhmän oppimista. Kaikista suorituskkyttestä voi todeta sen mahdollisuuden, että ne voivat olla liian helppoja itsenäisille, hyväkuntoisille ikääntyville. On myös viisasta arvioida ryhmäläisten oppimisen vaikutus testeistä suorittaessa. Onkin tärkeää, että testien etukäteen harjoittelu tulisi minimoida, jotta oppimisen vaikutusta voitaisiin ehkäistä. Koimme haastavaksi löytää ikääntyville viitearvoja käyttämiimme mittauksiin.

Yksi tulevaisuuden haasteista on luoda yhtenäinen mittauspatteristo ja viitearvot ikääntyville. Useissa suomalaisissa ja kansainvälisissä tutkimuksissa oli

käytetty muun muassa isometristä voimadynamometriä, mutta niissä ei ilmoitettu tuloksia kilogrammoina lainkaan. Opinnäytetyössä oli mittauksia paljon ja niihin meni ajallisesti melko kauan. Mahdollisesti dynaamisen tasapainon mittausten eli Berg Balance Scalen voisi jättää pois, koska se ei erottele riittävän tarkasti näin hyväkuntoisten ikääntyvien dynaamista tasapainoa.

Tämän ryhmän osalta pääpaino harjoittelussa oli alaraajoissa, mutta tulevaisuudessa harjoitteluun olisi hyvä lisätä myös yläraajojen harjoitteita. Harjoitusjakson pitäisi olla pidempi ja tiiviimpi (esimerkiksi 2-3 kertaa viikossa), sekä tutkimusjoukon suurempi, jotta tuloksia ja hyödyllisyyttä voitaisiin yleistää. Lisäksi nopeusvoima-ryhmää ja perusvoima-ryhmää sekä mahdollista kontrolliryhmää (fyysisesti inaktiiviset) voisi verrata keskenään. Tulevaisuudessa tarvitaan myös lisää tutkimustietoa ikääntyvien nopeusvoimaharjoittelusta. Jatko-tutkimuksissa tulisi hyödyntää vuosien pituisia seuranta-aikoja.

Kirjallisuuden sekä opinnäytetyön harjoittelujakson ja mittaustulosten perusteella nopeusvoimaharjoittelua voidaan soveltaa ikääntyville. Ikääntyvien nopeusvoimaharjoittelussa täytyy kiinnittää tarkempaa huomiota alkulämmittelyn riittävyys, oikeisiin suoritustekniikoihin (turvallisuus) sekä lihasten ja psyyken valmistamiseen tulevaa nopeusvoimaharjoittelua varten. Tutkimusjoukon subjektiiviset kiputunteukset eivät lisääntyneet harjoitusjakson aikana. Kahdella tutkimushenkilöllä tuki- ja liikuntaelimestön subjektiiviset kivutunteukset jopa lieventyivät hieman.

Opinnäytetyön tutkimusongelmiin saatiin kokonaisuudessaan myönteisiä tuloksia. Ryhmäkohtaisesti voidaan päätellä kaikkien mittaustulosten parantuneen. Yhteys lihasvoiman, voimantuoton ja tasapainon välillä todistettiin lyhyellä harjoitusjaksolla ja suhteellisen pienellä tutkimusjoukolla ($n=6$).

LÄHTEET

Ahola, E., Kokko, S-M. & Paltamaa, J. 1994. Bergin tasapainotestin suori-
tusohjeet. Päivitetty 2004.

Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. 2007. Teoksessa Kuntotestauksen käsikirja.
Toim. K.L.Keskinen, K.Häkkinen & M.Kallinen. Helsinki: Liikuntatieteellinen
seura.

Alén, M., Kukkonen-Harjula, K. & Kallinen M. 1997. Ikääntyvien terveyden ja
toimintakyvyn arviointi sekä liikuntaneuvonnan periaatteet. Teoksessa Ikään-
tyminen ja liikunta. Toim.P. Era . Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 108.

Alikoski, J.& Lämsä, A. 2003. Tasapainoharjoittelun vaikutukset ikääntyvien
tasapainoon. Opinnäytetyö. Rovaniemen ammattikorkeakoulu, humanistinen
ja opetusala, liikunnan ja vapaa-ajan koulutusohjelma.

Bean, J., Kiely, D., Herman, S., Leveille, S., Mizer, K., Frontera, W. & Fielding,
R. 2002. The Relationship between Leg Power and Physical Performance in
Mobility-Limited Older People. Journal of the American Geriatrics Society 50,
3, 461–467.

Berg, T. 2001. Ikääntyvien kuntosaliharjoittelu. Teoksessa Ikääntyvien liikunta,
terveys ja toimintakyky. VK-Kustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino
Oy.

Cesari, M, Kritchevsky, S., Pennix, B., Nicklas, B., Simonsick, E., Newman,
A., Tylavsky, F., Brach, J., Satterfield, S., Bauer, D., Visser, M., Rubin, S.,
Harris, T. & Pahor, M. 2005. Prognostic Value of Usual Gait Speed in Well-
Functioning Older People-Results from Health, Aging and Body Composition
Study. Journal of the American Geriatrics Society 53, 10 1675–1680.

Delavier, F. 2006. Lihaskuntoharjoittelun perusteet. Toiminnallinen anatomia.
Lahti: VK-Kustannus Oy.

de Vos, N., Singh, N., Ross, D., Stavrinou, T. Orr, R. & Fiatarone- Singh, M.
Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training
in older adults. Journal of Gerontology. Series A, Biological sciences and Medi-
cal sciences, 60, 5, 638–647. Viitattu 15.1.2009.
[Http://biomed.gerontologyjournals.org/cgi/content/abstract/60/5/638](http://biomed.gerontologyjournals.org/cgi/content/abstract/60/5/638).

Enoka, R.M. 1994. Neuromechanical Basis of Kinesiology. USA.

Era, P., Sainio P., Koskinen S., Haavisto P., Vaara M. & Aromaa A. 2006.
Postural Balance in a Random Sample of 7,979 Subjects Aged 30 Years and
Over. Gerontology 52, 204–213. Viitattu 28.1. 2009.
[Http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16849863](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16849863).

Era, P. 1997. Havaintomotoriikan ja kehon asennonhallintakyvyn muutokset
vanhetessa ja liikunta. Teoksessa Ikääntyminen ja liikunta. Toim.P. Era. Lii-
kunnan ja kansanterveyden julkaisuja 108.

Gribble, PA & Hertell J. 2003. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Medicine* 7,2 89–100. Viitattu 13.9.2009.

[Http://www.bmsc.udel.edu/seminararchives/05_06/Gribble.pdf](http://www.bmsc.udel.edu/seminararchives/05_06/Gribble.pdf).

Halstead, G., Myklebust J. & Myklebust B. 1997. Changes in voluntary reaction time with age: implications for falls in the elderly. *Engineering in Medicine and Biology Society* 4, 1683–1685. Viitattu 19.1.2009.

[Http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?isnumber=16331&arnumber=757044&count=136&index=77](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?isnumber=16331&arnumber=757044&count=136&index=77).

Herman, T., Inbar- Borovsky N., Brozgol M., Giladi N. & Hausdorff J. 2008. The Dynamic Gait Index in healthy older adults: The role of stair climbing, fear of falling and gender. *Gait and Posture* 29, 2, 237–241. Viitattu 20.1.2009.

[Http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362\(08\)00259-2/abstract](http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362(08)00259-2/abstract).

Hirvensalo, M.2008. Iäkäs henkilö liikunnan harrastajana. Teoksessa *Fyysisen aktiivisuus iäkkäiden henkilöiden hyvinvoinnin edistäjänä. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja* 212. Toim. R. Leinonen & E. Havas. Jyväskylä: PunaMusta Oy.

Häkkinen, K. 1990. *Voimaharjoittelun perusteet*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Häkkinen, K.1999a. Neuromuscular adaptation to resistance training. *Limiting Factors of Human Neuromuscular Performance*. Toim.H Kyröläinen, J Avela & T. Takala. Jyväskylä:Jyväskylä University Printing House and Laukaa ER-paino Ky. The Neuromuscular Research Center. Department of Biology of Physical Activity.

Häkkinen, K. 1999b. Aging and neuromuscular adaptation to strength training. *Limiting Factors of Human Neuromuscular Performance*. Toim.H Kyröläinen, J Avela & T. Takala. Jyväskylä: Jyväskylä University Printing House and Laukaa ER-paino Ky. The Neuromuscular Research Center. Department of Biology of Physical Activity.

Johnson-Hilliard, M., Martinez, K., Janssen, I., Edwards, B., Mille, M-L., Zhang, Y. & Rogers, M. 2008. Lateral Balance Factors Predict Future Falls in Community- Living Older Adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 89, 1708–1713. Viitattu 13.1. 2009.

[Http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(08\)00395-X/abstract](http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(08)00395-X/abstract).

Kallinen, M. *Lihaskoivunharjoittelu – ongelmatonta? – Lääkärin näkökulma. Keski-Suomen sairaanhoitopiiri, Kinkomaan sairaala*. Viitattu 18.2.2009.

[Http://www.google.com/search?hl=fi&rls=com.microsoft:fi&ei=eg6cSbzZA5qU0AXYzqSgCQ&sa=X&oi=spell&resnum=0&ct=result&cd=1&q=valsalvaus&spell=1](http://www.google.com/search?hl=fi&rls=com.microsoft:fi&ei=eg6cSbzZA5qU0AXYzqSgCQ&sa=X&oi=spell&resnum=0&ct=result&cd=1&q=valsalvaus&spell=1).

Koivula, M. & Räsänen, J. 2006/2007. *Vastuksesta voimaa*. Toim. U.Salminen & E Karvinen. *Voimaa ja varmuutta itsenäiseen elämään. Iäkkäiden voima- ja tasapainoharjoittelu*. Ikäinstituutti. Helsinki: Kyrö Oy.

Korhonen M. 2008. Nopeus. Teoksessa Gerontologia. Toim. E. Heikkinen & T. Rantanen. Tampere: Duodecim.

Kyröläinen 2007, 155. Teoksessa Kuntotestauksen käsikirja. Toim. K.L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen. Helsinki: Liikuntatieteellinen seura.

Linnamo, V. 2002. Motor Unit Activation and Force Production during Eccentric, Concentric and Isometric Actions. Väitöskirja. Jyväskylä: Jyväskylä University Printing House and Liestuore: ER-Paino Ky.

Means, K. 1996. The Obstacle Course: A Tool for the Assessment of Functional Balance and Mobility in the Elderly. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 30, 4 413–428. Viitattu 13.9.2009.
[Http://www.rehab.research.va.gov/jour/96/33/4/pdf/means.pdf](http://www.rehab.research.va.gov/jour/96/33/4/pdf/means.pdf).

Mero, A. 2007. Teoksessa Kuntotestauksen käsikirja. Toim. K.L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen. Helsinki: Liikuntatieteellinen seura.

Metitur Oy Good Balance –käyttöohje 2005.

Misikangas, J. 1997. Voimaominaisuuksien ja ponnistusvoiman kehittyminen naislentopalloilijoilla. Viitattu 4.3.2009.
[Http://users.jyu.fi/~jthyvama/lentis/paatto.htm](http://users.jyu.fi/~jthyvama/lentis/paatto.htm).

Mård, J. & Vaha, J. 2007. Perus- ja nopeusvoimaharjoittelun vaikutus lonkka-murtumapotilaiden liikkumiskykyyn. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Terveystieteiden laitos.

Nagy E., Feher-Kiss A., Barnai M., Domján-Preszner A., Angyan L. & Horvath G. 2007. Postural control in elderly subjects participating in balance training. *European Journal of Applied Physiology* 100, 1, 97–104. Viitattu 25.1.2009.
[Http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17333243](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17333243).

Newtest Force- käyttöohje 1998.

Ojala, M. 2007. Huimaus. Viitattu 27.10.2009.
[Http://therapiafennica.fi/wiki/index.php?title=Huimaus](http://therapiafennica.fi/wiki/index.php?title=Huimaus).

Pajala, S., Sihvonen, S. & Era, P. 2008. Asennonhallinta ja havaintomotorinen kyvykkyys. Teoksessa Gerontologia. Toim. E. Heikkinen & T. Rantanen. Tampere: Duodecim.

Pajala, S., Sihvonen, S. & Era, P. 2003. Asennonhallinta ja havaintomotorinen kyvykkyys. Teoksessa Gerontologia. Toim. E. Heikkinen & T. Rantanen. Tampere: Duodecim.

Pajala, S., Era, P., Koskenvuo, M., Kaprio, J., Törmäkangas, T. & Rantanen, T. 2008. Force platform balance measures as predictors of indoor and outdoor falls in community-dwelling women aged 63–76 years. *Journal of Gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences* 63, 2 171–178. Viitattu 2.2.2009.
[Http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18314453](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18314453)

Paltamaa J. 2006. Tasapainon arviointi. Opetusmateriaali. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, fysioterapian koulutusohjelma.

Pansarasa, O., Felzani, G., Vecchiet, J. & Marzatico, F. 2002. Antioxidant pathways in human aged skeletal muscle: relationship with the distribution of type II fibers. *Experimental Gerontology* 37, 8–9, 1069–1075.

Piirtola, M. & Era, P. 2006. Force platform measurements as predictors of falls among older people – a review. *Gerontology* 52, 1 1–16. Viitattu. 14.1.2009. [Http://content.karger.com/ProdukteDB/produkte.asp?Aktion=ShowPDF&ArtikelNr=89820&Ausgabe=231536&ProduktNr=224091&filename=89820.pdf](http://content.karger.com/ProdukteDB/produkte.asp?Aktion=ShowPDF&ArtikelNr=89820&Ausgabe=231536&ProduktNr=224091&filename=89820.pdf).

Pitkänen, T. 2006/2007. Tavoitteena tasapaino. Toim. U. Salminen & E. Karvinen. Voimaa ja varmuutta itsenäiseen elämään. Iäkkäiden voima- ja tasapainoharjoittelu. Ikäinstituutti. Helsinki: Kyriiri Oy.

Portegijs, E. 2008. Asymmetrical Lower-Limb Muscle Strength Deficit in Older People. Väitöskirja. Jyväskylän yliopisto, liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta.

Ranta, S. 2004. Vanhenemismuutosten eteneminen. 75-vuotiaiden henkilöiden antropometristen ominaisuuksien, fyysisen toimintakyvyn ja kognitiivisen kyvykkyyden muutokset viiden ja kymmenen vuoden seuranta-aikana. Väitöskirja. Jyväskylän yliopisto, liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta.

Rhonda, O., de Vos N., Singh N., Ross D., Stavrinou T. & Fiatarone-Singh M. 2006. Power Training Improves Balance in Healthy Older Adults. *Journal of Gerontology, Series A, medical sciences*, 6, 1, 78–85. Viitattu 28.1.2009. [Http://biomed.gerontologyjournals.org/cgi/content/abstract/61/1/78](http://biomed.gerontologyjournals.org/cgi/content/abstract/61/1/78).

Ruuskanen, J. 2008. Ikääntyvien motoriset taidot ja oppiminen. Teoksessa *Fyysinen aktiivisuus iäkkäiden henkilöiden hyvinvoinnin edistäjänä. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja* 212. Toim. R. Leinonen & E. Havas. Jyväskylä: PunaMusta Oy.

Ruuskanen, J. 1997. Omaehtoisien sekä ohjatun liikunnan suunnittelu, toteutus ja arviointi.

Saari, P. 2000. Tasapainon ja siinä viiden vuoden seuruaikana tapahtuneiden muutosten yhteys kävelynopeuteen 80–85-vuotiailla – ennustaako tasapaino kävelynopeuden muutosta?. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, terveystieteiden laitos.

Sakari-Rantala, R. 2003. Iäkkäiden ihmisten liikunta- ja kuntosaliharjoittelu. Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiö LIKES:in julkaisuja 142. Jyväskylä: IS-Print Oy.

Sakari-Rantala, R. 2004. Ikääntyneiden kuntosaliharjoittelu. Perusteita ja käytännön ohjeita. Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiö LIKES:in julkaisuja 161. Jyväskylä: IS-Print Oy.

Sihvonen, S. 2004. Postural Balance and Aging. Cross- sectional Comparative Studies and a Balance Training Intervention. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta.

Sihvonen, S. Tasapaino- ja lihasvoimaharjoittelu pitävät ikääntyneen ihmisen pystyssä, KTL, Koti- ja vapaa-ajan tapaturmien ehkäisyn yksikkö. Viitattu 27.9.2009.

[Http://demo.seco.tkk.fi/tervesuomi/item/ktl:11942](http://demo.seco.tkk.fi/tervesuomi/item/ktl:11942).

Sihvonen, S. 2008. Harjoittelu ehkäisee ikääntyneiden kaatumisia. Teoksessa Fyysinen aktiivisuus iäkkäiden henkilöiden hyvinvoinnin edistäjänä. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 212. Toim. R. Leinonen & E. Havas. Jyväskylä: PunaMusta Oy.

Skelton, D.A., Kennedy, J. & Rutherford O.M. 2002. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. Age and Ageing 31, 119–125.

Sosnoff, J.J. & Newell, K.M. 2008. Age- Related Loss of Adaptability to Fast Time Scales in Motor Variability. The Journals of Gerontology 63B, 6, 344–352.

Sulander, T. 2005. Terveystottumukset muuttuvat myös ikääntyessä: Odotetavissa aiempaa aktiivisempi vanhus. Liikunta & Tiede 42, 3, 23–24.

Tiainen, K. 2005. Iäkkäiden fyysinen toimintakyky: Testitulokset ennakoivat tulevaa. Liikunta & Tiede 42, 3, 34–37.

Tilastokeskus. Väestö- ja kuolemansyytilastot. Väestöennuste 2007–2040. Julkaistu: 31.5.2007. Viitattu 20.9.2009.

[Http://www.stat.fi/til/vaenn/2007/vaenn_2007_2007-05-31_tie_001.html](http://www.stat.fi/til/vaenn/2007/vaenn_2007_2007-05-31_tie_001.html)

Tilastokeskus. Väestötilastot 2008. Suomen väestö 2008. Julkaistu: 27.3.2009. Viitattu 20.9.2009.

[Http://www.stat.fi/til/vaerak/2008/vaerak_2008_2009-03-27_tie_001_fi.html](http://www.stat.fi/til/vaerak/2008/vaerak_2008_2009-03-27_tie_001_fi.html).

Toimintakyvyn Mittarit, To-Mi. 2008. Turun yliopistollinen keskussairaala, fy-siatrian yksikön työryhmä.

Tortora, G.J. & Derrickson, B. 2006. Principles of anatomy and physiology. USA.

Tseng, S-C., Stanhope, S.J. & Morton, S.M. 2009. Impaired Reactive Stepping Adjustments in Older Adults. The Journals of gerontology 64A, 7, 807–815.

Verghese, J., Holtzer, R., Lipton, R.B. & Wang, C. 2009. 896, 899. Quantitative Gait Markers and Incident Fall Risk in Older Adults. The Journals of gerontology 64A, 8, 896–901.

Voimaominaisuuksien ja ponnistusvoiman kehittyminen naislentopalloilijoilla. Viitattu 20.1.2009. [Http://users.jyu.fi/~jthyvama/lentis/nopeusvoima.htm](http://users.jyu.fi/~jthyvama/lentis/nopeusvoima.htm).

von Bonsdorff M. B. 2009. Physical Activity as a Predictor of Disability and Social and Health Service Use in Older People. Väitöskirja. Jyväskylän yliopisto. Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta.

Young, A. 1997. Ageing and physiological functions. 1837–1843.. Viitattu 2.10.2009.

[Http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1692134&blobtype=pdf](http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1692134&blobtype=pdf).

LIITTEET

Liite 1. Kotiharjoitteet osa 1.

KOTIHARJOITTEET OSA 1

20.1.2009

Tasapaino

Huomioithan joka harjoitteessa turvallisuuden: tuki lähellä, paljain varpain/kengät jalassa. Pyri tekemään harjoitteita päivittäin voitisi mukaan.

Jalkaterät yhdessä seisominen(kuva1)

Eri vaikeusasteita:

- silmät kiinni



Tandem- asennossa seisominen(takimmaisen jalan varpaat kiinni etummaisen jalan kantapäässä seisominen kumpikin jalka takana vuorotellen(kuva 2)

Eri vaikeusasteita:

- tarvittaessa voit aloittaa semi- tandem asennosta, jossa jalat hieman erillään(kuva 3)

Kuva 2



Kuva 3



Yhdellä jalalla seisominen

Eri vaikeusasteita:

- voit viedä toista jalkaa nilkan(kuva 4), säären ja polven(kuva 5) kohdalle
- silmät kiinni



Kuva 4



Kuva 5

Harjoittelun edessä pidennä harjoitteiden kestoja. Aloita 20-30s kestoilla ja pidennä kestoja noin 10s kerrallaan. Muista, että tasapainoharjoitteluun vaikuttavat mm. mielenkiinto, väsymys, vuorokaudenaika ja lämpötila!

Lihaskunto

Muista alku­lämmittely! Alku­lämmittely voi olla mm. hyötyliikuntaa.

Kyykky

Eri suoritustapoja:

- tuolilta ylösnousu ilman käsien tukea
- seiso tuolin takana ja ota käsillä tukea selkänojasta ja tee kyykkyjä (kuva 6)
- kyykisty nopeasti ja nouse rauhallisesti ylös
- tee 2x10 toistoa

Kuva 6



Varpaille nousu

Eri suoritustapoja:

- ota tukea tuolin selkänojasta ja nouse päkiöillesi
- seiso rappusella kantapäiden ylettyessä reunan yli. Nouse hitaasti ylös(kuva 7) ja laskeudu hallitusti alas(kuva8)
- nouse nopeasti ylös ja jarruttaen alas
- tee 2x 10toistoa

Kuva 7



Kuva 8



Liite 2. Ote fyysisen aktiivisuuden seurantalomakkeesta.

Nimi:

<u>Fyysisen aktiivisuuden seurantalomake</u>		
vko 2	5.-11.1.2009	
	Liikuntamuoto:	Kesto
ma		
ti		
ke		
to		
pe		
la		
su		
vko 3	12.-18.1.2009	
	Liikuntamuoto:	Kesto
ma		
ti		
ke		
to		
pe		
la		
su		

Liite 3. Harjoituskertojen sisältö.

Harjoitus-kerta/ pvm	Paikallaolijoiden lukumäärä	Alkulämmittelyn sisältö	Reaktio-harjoitteet	Tasapainon osa- alue	Nopeusvoiman tyyppi (%max)
1./15.1.-09	6	10metrin kävely-testi+ reaktiivisuus-testi	Ääniärsykkeeseen reagointi eri lähtöasennoista	Staatinen	Pikavoima (40%max)
2./22.1.-09	6	Käsipallo	Yhdistettynä peliin	Staatinen	Pikavoima (50%max)
3./29.1.-09	5	Sähly	Yhdistettynä peliin ja tp- harjoituksiin	Dynaaminen	Pikavoima (60%max)
4./5.2.-09	4	Jalkapallo	reagointi auditiivisiin ja visuaalisiin ärsykkeisiin	Dynaaminen	Pikavoima (70%max)
5./12.2.-09	6	Koripallo	reagointi auditiivisiin ja visuaalisiin ärsykkeisiin	Toiminnallinen	Räjähtävä voima (50%max)
6./19.2.-09	4	Pidä puolesi puhtaana-peli	Hännänryöstö	Toiminnallinen	Räjähtävä voima (60%max) Kontrasti-harjoittelu
7./26.2.-09	5	Käsipallo	Yhdistettynä tp-rataan	Tasapaino- ja reaktiorata	Räjähtävä voima (70%max)
8./5.3.-09	4	Tasapaino- ja motoriikkaviesti	Yhdistettynä tp-rataan	Tasapaino- ja reaktiorata	Räjähtävä voima (80%max) Kontrasti-harjoittelu

Liite 4. Alaraajojen isometrinen ojennusvoima

	110° polvikulma				
Henkilö	max.voima(kg)/ Voima/Paino	Max.Voima Rec. (kg/ms)	Voima 0-30% (kg/ms)	Voima 30-60% (kg/ms)	Voima 60-90% (kg/ms)
H1 alku	134, 4/ 1,5x	489,3	578,4	486	174
loppu	-	-	-	-	-
H2 alku	294,2/ 3,9x	965,3	690,8	1091	127,1
loppu	301,4/4,1x	1160,2	1652,4	1346,4	213
H3 alku	280,8/3x	1032,7	1116	1241,7	297,8
loppu	254, 5 /2,6x	902,5	393,1	1025,3	289,5
H4 alku	202,5/2,4x	868,2	365,7	1133,7	569,1
	221,1/2,6x*				
loppu	273,0/3,4x	1013,3	329,5	1195,2	411,5
	279,5/3,5x*				
H5 alku	253,8/3x	760,2	144,1	815	326,4
loppu	196,4/2,3x	806,4	1082,2	1063,6	249,7
H6 alku	267,6/3,8x	826,8	267	911,5	224,2
loppu	254,4/3,5x	957,6	1441,7	1134,8	235,7

*= Paras maksimaalinen voima ollut toisessa käyrässä

130° polvikulma

Henkilö	max. voima(kg)/ Voima/Paino	Max. Voima Rec. (kg/ms)	Voima 0-30% (kg/ms)	Voima 30-60% (kg/ms)	Voima 60-90% (kg/ms)
H1 alku	222,1/2,5x	620	676, 3	500,5	74,6
loppu	-	-	-	-	-
H2 alku	452,1/6x	1174,1	1104,9	879,2	154,3
loppu	469,7/6,3x * 503/6,7x	1278,6	631,3	921,5	139,1
H3 alku	395,9/4,2x	1202,7	522, 2	1083,3	157,6
loppu	415,1 /4,3x	1410,4	781,1	1580	352,3
H4 alku	326,5/3,8x	969,1	1178,4	784,6	256,8
loppu	330,7/4,1x 355,7/4,4x*	1172,5	1614,2	1027,2	575,4
H5 alku	429,4/5,1x	1282,2	478,9	1246	278,9
loppu	444,9/5,2x* 310,5 kg/3,7x	1233	1599,8	1511,1	258,4
H6 alku	406,6/5,7x	1221,3	508,1	1336,9	421,1
loppu	404,9/5,5x 408,8/5,6x*	960,2	1084,4	1335,9	213,5

*= Paras maksimaalinen voima ollut toisessa käyrässä

Plantaarifleksio

Henkilö	max. voima(kg)/ Voima/Paino	Max. Voima Rec. (kg/ms)	Voima 0-30% (kg/ms)	Voima 30-60% (kg/ms)	Voima 60-90% (kg/ms)
H1 alku	120/1,3x	333,5	87,6	346,5	80,9
loppu	-	-	-	-	-
H2 alku	265 /3,5x	483,9	1521,8	405,3	92,9
loppu	254,5/3,4x 258,4 kg/ 3,5x*	712,4	949	361,6	80,3
H3 alku	193,3/2x	557	147,7	804,9	157,3
loppu	214,6/2,2x 219,1/2,3x*	694	190	842,9	194,6
H4 alku	273,0/3,2x	582,1	198,3	519	202, 4
loppu	195,5/2,4x 202,7/2,5x*	535,1	287,8	566,4	114,7
H5 alku	247,8/2,9x	571,1	199,9	565	419
loppu	275,7/3,2x* 225,5 /2,7x	749,1	346,7	734,8	258,5
H6 alku	252,4 /3,6x	639	252,9	692,9	343,3
loppu	270,9 /3,7x	553,1	392,5	541,7	136,9

*= Paras maksimaalinen voima ollut toisessa käyrässä

Reaktioaika (ms)

	110° polvikulma		130° polvikulma		Plantaarifleksio	
	Alku	Loppu	Alku	Loppu	Alku	Loppu
H1	100		200		375	
H2	375	250	200	75	ennakoitu	125
H3	250	250	200	125	225	300
H4	250	125	250	450	300	125
H5	375	250	375	250	125	125
H6	250	110	187,5	125	250	300

Liite 5. Alaraajojen maksimivoima.

Alaraajojen maksimivoimat (kg)				
Henkilö	Polven ekstensio o/v	Polven fleksio o/v	Lonkan ekstensio o/v	Lonkan abduktio
H1 Alku	35/ 10,5	37,2/ 45,7	35,8/ 32,9	45,7
Loppu				
H2 Alku	38,9/ 41,7	47,4/52,3	73,8/ 70,5	50
Loppu	43,6/43,6	46,3/ 52	68,6/ 70,5	60,8
H3 Alku	52,6/42,1	54,9/ 52,3	84,6/ 78,6	55,6
Loppu	55,3/ 49,4	57,8/ 63,4	90,2/ 70,5	52,6
H4 Alku	38,9/ 40,7	50/ 52,3	58,5/ 61,5	50
Loppu	39,5/ 41,7	54,9/ 54,9	67,1/ 67,1	47,4
H5 Alku	40,7/ 38,9	43,3/ 50	55,8/ 61,5	50
Loppu	45,7/ 43,6	52,3/ 60,5	67,1/ 64	55,6
H6 Alku	38,9/ 36,8	39/39	53,3/ 53,3	40
Loppu	41,7/ 39,5	39/ 39	57,9/ 55,8	43,2

Liite 6. Staattisen tasapainon tulokset.

parantunut tulos heikentynyt tulos	Alkumittaus:				Loppumittaus:		
	normal EO(kl)	normal EC(kl)	tandem(o/v)(kl)		normal EO(kl)	normal EC(kl)	tandem(o/v)(kl)
keskim Xmm/s	4,7(3/5)	8(4/5)	17s/20,3 (1/5)	H1	0	0	0
keskimYmm/s	11,6(5/5)	16,2(4/5)	17s/16,2 (1/5)		0	0	0
vauhtimomenttim ² /s	14(3/5)	39,4(4/5)	17s/98,9 (1/5)		0	0	0
keskim Xmm/s	1,8(1/5)	2,7(1/5)	16,6/18,9 (1/5) (2/5)	H2	3,8(1/5)	5,1(1/5)	/23,6(2/5)
keskimYmm/s	3,1(1/5)	5,9(1/5)	14,4/11,2 (2/5) (1/5)		6,8(1/5)	12,1(1/5)	/17,8(2/5)
vauhtimomenttim ² /s	4,3(1/5)	8,5(1/5)	50,3/93 (1/5) (3/5)		11,5(1/5)	21,2(1/5)	/90,6(5/5)
keskim Xmm/s	9,1(5/5)	7,9(5/5)	19s/26,0 (3/5)	H3	3,8(4/5)	5,1(3/5)	23,6(5/5)/23,6(3/5)
keskimYmm/s	10,7(5/5)	18,4(5/5)	19s/36,3 (5/5)		6,8(4/5)	12,1(5/5)	17,8(5/5)/17,8(5/5)
vauhtimomenttim ² /s	35,5(5/5)	45,4(5/5)	19s/266,7 (5/5)		11,5(5/5)	21,2(4/5)	90,6(5/5)/90,6(3/5)
keskim Xmm/s	3,7(3/5)	5,6(4/5)	22,2/16,8(3/5) (1/5)	H4	3,8(3/5)	5,1(2/5)	23,6(1/5)/23,6(1/5)
keskimYmm/s	5,1(2/5)	11,2(3/5)	13,6/9,8(2/5) (1/5)		6,8(4/5)	12,1(2/5)	17,8(1/5)/17,8(1/5)
vauhtimomenttim ² /s	6,7(1/5)	18,3(3/5)	70,8/32,8(2/5) (1/5)		11,5(3/5)	21,2(2/5)	90,6(1/5)/90,6(1/5)
keskim Xmm/s	5,4(5/5)	7,1(5/5)	34,1/27,0(5/5) (5/5)	H5	3,3(4/5)	4,3(5/5)	19,9(4/5)/19,9(4/5)
keskimYmm/s	8,3(5/5)	15,1(5/5)	25,7/21,6(5/5) (5/5)		5,8(5/5)	10,5(4/5)	15,5(4/5)/15,5(5/5)
vauhtimomenttim ² /s	11,1(4/5)	26,2(4/5)	161/134,8(5/5) (5/5)		8,8(3/5)	15,1(4/5)	71,3(4/5)/71,3(5/5)
keskim Xmm/s	2,9(2/5)	4,9(3/5)	22,9/22,7(3/5) (3/5)	H6	3,8(2/5)	5,1(3/5)	23,6(2/5)/23,6(3/5)
keskimYmm/s	4,7(1/5)	10(2/5)	16,4/19,5(3/5) (3/5)		6,8(2/5)	12,1(3/5)	17,8(2/5)/17,8(3/5)
vauhtimomenttim ² /s	4,5(1/5)	10,7(1/5)	100,3/122,1(3/5) (3/5)		11,5(1/5)	21,2(2/5)	90,6(1/5)/90,6(2/5)

Liite 7. Reaktionopeuden tulokset.

Reaktiivisuustestin alkumittaukset					
	Flight time(ms)	Jump height(cm)	Contact(ms)	Jump power(W)	Rel power(W/kg)
H1	324	12,9	235	1649	18,53
1	284	9,9			
2	270	8,9	209	1324	14,88
3	278	9,5	215	1364	15,33
4	294	10,6	220	1470	16,51
5	291	10,4	229	1414	15,89
6	324	12,9	235	1649	18,53
H2	396	19,2	692	1123	14,97
1	375	17,2			
2	369	16,7	706	1013	13,51
3	396	19,2	692	1123	14,97
4	396	19,2	681	1129	15,06
5	379	17,6	699	1054	14,05
6	381	17,8	163	2293	30,57
H3	467	26,7	306	2695	28,36
1	447	24,5			
2	412	20,8	316	2168	22,82
3	436	23,3	273	2586	27,22
4	465	26,5	277	2845	29,95
5	467	26,7	306	2695	28,36
6	406	20,2	249	2439	25,68
H4	444	24,2	499	1634	20,17
1	418	21,4			
2	397	19,3	496	1392	17,18

3	359	15,8	577	1134	14
4	444	24,2	499	1634	20,17
5	407	20,3	474	1473	18,19
6	418	21,4	537	1448	17,87
H5	422	21,8	209	2604	30,63
1	343	14,4			
2	363	16,2	208	2036	23,96
3	409	20,5	218	2404	28,28
4	404	20	198	2510	29,53
5	422	21,8	209	2604	30,63
6	387	18,4	181	2482	29,2
H6	366	16,4	165	2011	28,32
1	301	11,1			
2	344	14,5	187	1667	23,49
3	365	16,3	205	1732	24,4
4	339	14,1	158	1820	25,64
5	356	15,5	160	1960	27,6
6	366	16,4	165	2011	28,32

Reaktiivisuustestin loppumittaukset					
	Flight time(ms)	Jump height(cm)	Contact(ms)	Jump power(W)	Rel power(W/kg)
H2	414	21	182	2445	32,6
1	386	18,3			
2	402	19,8	757	1110	14,8
3	399	19,5	739	1108	14,77
4	414	21	182	2445	32,6
5	411	20,7	172	2512	33,49
6	316	12,2	174	1605	21,4
H3	440	23,7	236	2879	30,3
1	408	20,4			
2	436	23,3	242	2790	29,37
3	440	23,7	236	2879	30,3
4	434	23,1	231	2854	30,04
5	439	23,6	228	2933	30,88
6	402	19,8	214	2643	27,82
H4	601	44,3	316	3396	41,93
1	426	22,2			
2	420	21,6	314	1912	23,6
3	601	44,3	316	3396	41,93
4	402	19,8	1484	995	12,28
5	393	18,9	269	1883	23,25
6	388	18,5	262	1875	23,14
H5	444	24,2	233	2636	31,02
1	389	18,5			
2	410	20,6	237	2287	26,91
3	411	20,7	242	2266	26,66
4	422	21,8	211	2587	30,44

5	442	23,9	229	2647	31,14
6	444	24,2	233	2636	31,02
H6	395	19,1	187	2099	29,56
1	363	16,2			
2	383	18	714	1004	14,15
3	368	16,6	163	2046	28,82
4	348	14,8	175	1775	25
5	329	13,3	192	1524	21,46
6	395	19,1	187	2099	29,56